

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2004 EPO. All rts. reserv.

18033168

Basic Patent (No,Kind,Date): US 20020113546 AA 20020822 <No. of Patents: 003>

**Organic light emitting device and display device using the same** (English)

Patent Assignee: SEO SATOSHI (JP); YAMAZAKI SHUNPEI (JP)

Author (Inventor): SEO SATOSHI (JP); YAMAZAKI SHUNPEI (JP)

National Class: \*313504000;

IPC: \*H05B-033/14;

Language of Document: English

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
CN 1372434	A	20021002	CN 2002105131	A	20020222
<b>JP 2002324673</b>	A2	20021108	JP 200243419	A	20020220
US 20020113546	AA	20020822	US 81558	A	20020220 (BASIC)

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 200145883 A 20010222

JP 200243419 A 20020220

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

07456158      \*\*Image available\*\*

ORGANIC LUMINOUS ELEMENT AND DISPLAY DEVICE USING ABOVE ELEMENT

PUB. NO.:      **2002-324673** [JP 2002324673 A]

PUBLISHED:      November 08, 2002 (20021108)

INVENTOR(s):      SEO TETSUSHI

                    YAMAZAKI SHUNPEI

APPLICANT(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD

APPL. NO.:      2002-043419 [JP 200243419]

FILED:              February 20, 2002 (20020220)

PRIORITY:        2001-045883 [JP 200145883], JP (Japan), February 22, 2001  
(20010222)

INTL CLASS:      H05B-033/14; H05B-033/22

### **ABSTRACT**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a display device and electronic equipment of low power consumption and long life.

**SOLUTION:** A blue-color organic luminous element which removes interfaces between layers existing in a conventional lamination structure is obtained by an organic compound film 502 having a structure of connecting a hole transport area 504 made of a hole transport material, a first mixture area 507 including a hole transport material and a blue-color luminous material, a luminous area 505 consisting of a blue-color luminous material, a second mixture area 508 including both an electron transport material and a blue-color luminous material, and an electron transport area 506 made of an electron transport material. Further, a white-color organic luminous element is obtained by doping pigments with this element structure as a basis. With this method, a blue-color, or a white-color organic luminous element is provided with high luminous efficiency and long life. Moreover, a full-color display device of low power consumption and long life is obtained by combining the organic luminous element with a color conversion layer or a color filter.

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-324673

(P 2 0 0 2 - 3 2 4 6 7 3 A)

(43) 公開日 平成14年11月8日(2002.11.8)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード (参考)

H05B 33/14

H05B 33/14

A 3K007

33/22

33/22

B

D

審査請求 未請求 請求項の数19 ○ L (全24頁)

(21) 出願番号 特願2002-43419(P 2002-43419)

(22) 出願日 平成14年2月20日(2002.2.20)

(31) 優先権主張番号 特願2001-45883(P2001-45883)

(32) 優先日 平成13年2月22日(2001.2.22)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 瀬尾 哲史

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

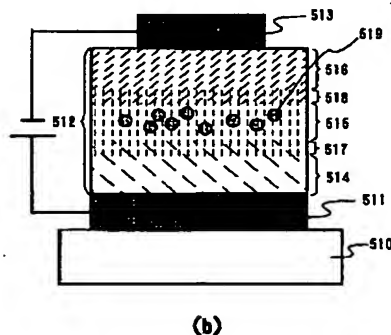
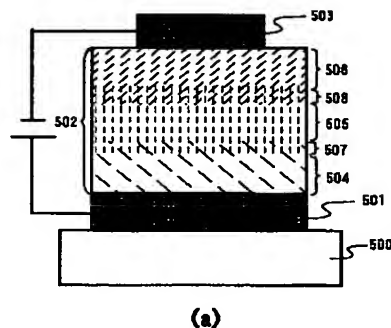
Fターム(参考) 3K007 AB03 AB04 AB11 BB06 DB03

(54) 【発明の名称】 有機発光素子および前記素子を用いた表示装置

(57) 【要約】

【課題】 低消費電力で、寿命の長い表示装置および電気器具を提供する。

【解決手段】 有機化合物膜502が、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域504と、正孔輸送材料および青色発光材料の両方を含む第一の混合領域507と、青色発光材料からなる発光領域505と、電子輸送材料および青色発光材料の両方を含む第二の混合領域508と、電子輸送材料からなる電子輸送領域506と、を接続する構造を有することにより、従来の積層構造に存在する各層間の界面を排除した青色有機発光素子を得る。また、この素子構造を基本に色素をドーピングすることにより、白色有機発光素子を得る。この手法により、発光効率が高く寿命の長い青色または白色の有機発光素子を提供する。また、前記有機発光素子を色変換層ないしはカラーフィルターと組み合わせることで、低消費電力で寿命の長いフルカラー表示装置を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】正孔輸送材料、電子輸送材料、および青色発光材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記青色発光材料の両方を含む第一の混合領域と、前記青色発光材料からなる発光領域と、前記電子輸送材料および前記青色発光材料の両方を含む第二の混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であることを特徴とする青色有機発光素子。

【請求項 2】正孔輸送材料、電子輸送材料、青色発光材料、および前記青色発光材料に対するホスト材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記ホスト材料の両方を含む第一の混合領域と、前記ホスト材料に前記青色発光材料が添加された発光領域と、前記電子輸送材料および前記ホスト材料の両方を含む第二の混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であることを特徴とする青色有機発光素子。

【請求項 3】正孔輸送材料、電子輸送材料、青色発光材料である第一の発光材料、およびドーパントである第二の発光材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記第一の発光材料の両方を含む第一の混合領域と、前記第一の発光材料からなる領域と、前記電子輸送材料および前記第一の発光材料の両方を含む第二の混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、なおかつ、前記第二の発光材料は前記第一の発光材料よりも長波長の発光を呈することを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 4】請求項 3 に記載の白色有機発光素子において、前記第二の発光材料は、前記第一の発光材料からなる領域の一部に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 5】請求項 3 に記載の白色有機発光素子において、前記第二の発光材料は、前記第一の混合領域ないしは前記第二の混合領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 6】正孔輸送材料、電子輸送材料、青色発光材料である第一の発光材料、ドーパントである第二の発光材料、およびドーパントである第三の発光材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前

記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記第一の発光材料の両方を含む第一の混合領域と、前記第一の発光材料からなる領域と、前記電子輸送材料および前記第一の発光材料の両方を含む第二の混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、なおかつ、前記第二の発光材料は前記第一の発光材料よりも長波長の発光を呈し、なおかつ、前記第三の発光材料は前記第二の発光材料よりも長波長の発光を呈することを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 7】請求項 6 に記載の白色有機発光素子において、前記第二の発光材料は前記第一の混合領域に含まれ、かつ、前記第三の発光材料は前記第二の混合領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 8】請求項 6 に記載の白色有機発光素子において、前記第二の発光材料は前記第二の混合領域に含まれ、かつ、前記第三の発光材料は前記第一の混合領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 9】正孔輸送材料および電子輸送材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、前記正孔輸送材料ないしは前記電子輸送材料のいずれかが青色の発光を呈することを特徴とする青色有機発光素子。

【請求項 10】正孔輸送材料、電子輸送材料、および青色発光材料を含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、かつ、前記青色発光材料が前記混合領域に添加されていることを特徴とする青色有機発光素子。

【請求項 11】正孔輸送材料、電子輸送材料、およびドーパントを含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、なおかつ、前記正孔輸送材料ないしは前記電子輸送材料のいずれかが青色の発光を呈する青色発光材料であり、なおかつ、前記ドーパントは、前記青色発光材料よりも長波長の発光を呈することを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 12】請求項 11 に記載の白色有機発光素子において、前記ドーパントは、前記青色発光材料からなる

10

20

30

40

50

領域の一部に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 3】請求項 1 1 に記載の白色有機発光素子において、前記ドーパントは、前記混合領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 4】正孔輸送材料、電子輸送材料、第一のドーパント、および第二のドーパントを含む有機化合物膜が、陽極および陰極の間に設けられた有機発光素子において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、なおかつ、前記正孔輸送材料ないしは前記電子輸送材料のいずれかが青色の発光を呈する青色発光材料であり、なおかつ、前記第一のドーパントは前記青色発光材料よりも長波長の発光を呈し、なおかつ、前記第二のドーパントは前記第一のドーパントよりも長波長の発光を呈することを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 5】請求項 1 4 に記載の白色有機発光素子において、前記第一のドーパントは前記正孔輸送領域に含まれ、かつ、前記第二のドーパントは前記電子輸送領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 6】請求項 1 4 に記載の白色有機発光素子において、前記第一のドーパントは前記電子輸送領域に含まれ、かつ、前記第二のドーパントは前記正孔輸送領域に含まれることを特徴とする白色有機発光素子。

【請求項 1 7】請求項 1 乃至請求項 2 または請求項 9 乃至請求項 1 0 のいずれか一項に記載の青色有機発光素子を有し、かつ、前記青色有機発光素子が呈する青色の光を吸収して緑色ないしは赤色の光を放出することができる蛍光材料からなる部材を有することを特徴とするフルカラー表示装置。

【請求項 1 8】請求項 3 乃至請求項 8 または請求項 1 1 乃至請求項 1 6 のいずれか一項に記載の白色有機発光素子を有し、かつ、カラーフィルターを有することを特徴とするフルカラー表示装置。

【請求項 1 9】請求項 1 7 または請求項 1 8 のいずれか一項に記載のフルカラー表示装置を用いたことを特徴とする電気器具。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する分野】本発明は、陽極と、陰極と、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む膜（以下、「有機化合物膜」と記す）と、を有する有機発光素子を用いた表示装置に関する。本発明では特に、従来よりも発光効率が高く、なおかつ素子の寿命が長い青色有機発光素子または白色有機発光素子を用いたフルカラー表示装置に関する。なお、本明細書中における表示装置とは、発光素子として有機発光素子を用いた画像表示デ

バイスを指す。また、有機発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム (FPC: Flexible printed circuit) もしくは TAB (Tape Automated Bonding) テープもしくは TCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TAB テープや TCP の先にプリント配線板が設けられたモジュール、または有機発光素子に COG (Chip On Glass) 方式により IC (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て表示装置に含むものとする。

【 0 0 0 2 】

10 【従来の技術】有機発光素子は、電界を加えることにより発光する素子である。その発光機構は、電極間に有機化合物膜を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔が有機化合物膜中で再結合して、励起状態の分子（以下、「分子励起子」と記す）を形成し、その分子励起子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光すると言われている。

20 【 0 0 0 3 】なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であると考えられるが、本明細書中ではどちらの励起状態が発光に寄与する場合も含むこととする。

【 0 0 0 4 】このような有機発光素子において、通常、有機化合物膜は  $1\mu\text{m}$  を下回るほどの薄膜で形成される。また、有機発光素子は、有機化合物膜そのものが光を放出する自発光型の素子であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、有機発光素子は極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

30 【 0 0 0 5 】また、例えば  $100\sim 200\text{nm}$  程度の有機化合物膜において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、有機化合物膜のキャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度であり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

40 【 0 0 0 6 】さらに、有機発光素子はキャリア注入型の発光素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず有機化合物膜の厚みを  $100\text{nm}$  程度の均一な超薄膜とし、また、有機化合物膜に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはヘテロ構造（二層構造）を導入することによって、 $5.5\text{V}$  で  $100\text{cd/m}^2$  の十分な輝度が達成された（文献 1 : C. W. Tang and S. A. Van Slyke, "Organic electroluminescent diodes", Applied Physics Letters, vol. 51, No. 12, 913-915 (1987)）。

50 【 0 0 0 7 】こういった薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、有機発光素子は次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比

較的良好であり、特に携帯機器の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。

【0008】さらに、有機発光素子は、発光色のバリエーションに富んでいることも特色の一つである。このような色彩の豊かさの要因は、有機化合物自体の多様性にある。すなわち、分子設計（例えば置換基の導入）等により様々な発光色の材料を開発できるという柔軟性が、色彩の豊かさを生んでいるのである。

【0009】これらの観点から、有機発光素子の最も大きな応用分野は、フルカラーのフラットパネルディスプレイであると言っても過言ではない。有機発光素子の特徴を考慮し、様々なフルカラー化の手法が考案されているが、現在、有機発光素子を用いてフルカラーの表示装置を作製する構成として、三つの主流が挙げられる。

【0010】一つ目は、光の三原色である赤色、緑色、青色のそれぞれの発光色を呈する有機発光素子を、シャドウマスク技術を用いて塗り分け、それぞれを画素とする手法である（以下、「塗り分け方式」と記す）。二つ目は、青色の有機発光素子を発光源として用い、その青色の光を有機蛍光材料からなる色変換層（CCM）によって緑色および赤色に変換することで、光の三原色を得る手法である（以下、「CCM方式」と記す）。三つ目は、白色の有機発光素子を発光源として用い、液晶表示装置などで用いられているカラーフィルター（CF）を設けることで、光の三原色を得る手法である（以下、「CF方式」と記す）。

【0011】塗り分け方式は、CCM方式で生じる色変換層での光のロス（変換効率が100%というのは困難である）や、CF方式で生じるカラーフィルターでの光の吸収がないため、最も光の取り出し効率が高い方式であり、その点で魅力的な手法と言える。つまり、自発光型である有機発光素子の特徴を、大きく活かすことができるのである。

【0012】しかしながら、いくつかの問題点も存在する。例えば、塗り分け時にシャドウマスクを用いるわけだが、画素サイズがさらに精密になったときに、どのように対応するかの問題がある。また、各色の有機発光素子を作製するごとにマスクの位置をずらさねばならず、操作は比較的煩雑であり、あまり生産性はよくない。

【0013】さらに、より大きな問題としては、特に現在の段階では、赤色、緑色、青色の各特性（発光効率および素子寿命）がそれぞれ異なっていることが挙げられる。

【0014】例えば、発光効率に関しては、フルカラー化の際、光の三原色の各色に対する最低要求効率（パワー効率のことであり、単位は $\text{lm/W}$ ）が提示されている（文献2：佐藤佳晴、「応用物理学学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会誌」、Vol. 11、No. 1、86-99（2000））。文献2によると、緑色および青色に関しては要求値を上回る報告が数多くなされているのに対

し、赤色に関しては要求値を大きく下回っていることがわかる。したがって、現状においては、赤色の発光効率の低さが、塗り分け方式によるフルカラー表示装置に対するネックとなっている。

【0015】素子寿命（経時的な輝度の低下）に関しては、各色の有機発光素子において完全に一致することはまれである。このことは、時間がたつにつれて光の三原色の色バランスが崩れ、ひいては色ずれや輝度ムラなど、ディスプレイにとっての致命的な欠陥に繋がる可能性があることを示唆している。

【0016】一方、CCM方式やCF方式においては、多少の光のロスや吸収があり、光の取り出し効率としてはやや劣るものの、上記のような塗り分け方式で生じうる致命的な問題点は発生しないとメリットがある。

【0017】まず、用いる有機発光素子は青色（CCM方式）ないしは白色（CF方式）の単色であるため、シャドウマスクによる精緻な塗り分けは必要ない。また、色変換層やカラーフィルターは従来のフォトリソグラフィ技術により作製できるものであり、複雑な工程も入らない。さらに、一種類の素子しか用いないため、輝度の経時変化は均一であり、経時的な色ずれや輝度ムラは一切生じない。

【0018】このような観点から、比較的高輝度かつ長寿命な青色ないしは白色の有機発光素子を作製することができれば、CCM方式やCF方式は、非常に有効なフルカラー表示装置の構成方法となりうるのである。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、青色有機発光素子や白色有機発光素子において、いくつかの問題点がある。まず、両方に共通している点として、素子寿命が短いことが挙げられる。

【0020】青色有機発光素子に関して言えば、近年、ジスチリルアリーレン系の青色発光材料が開発され、初期輝度を $100\text{cd/m}^2$ に設定した定電流駆動時の輝度の半減期は、2万時間を達成するなど、飛躍的な進歩が達成された（文献3：明田川正敏、「月刊ディスプレイ別冊有機ELディスプレイ」、1998年10月別冊号、100-104）。

【0021】しかしながら、CCM方式によってフルカラー化することを考えると、緑色や赤色を明るく表現する際には、より高輝度の青色発光が必要である（色変換層によるロスがあるため）。有機発光素子は、より輝度が高くなるほど素子寿命は短くなるため、CCM方式を用いる以上、さらなる長寿命化を検討しなければならない。例えば、最も素子寿命の長い緑色発光においては、同様の条件で5万時間が達成されており、このレベルにまで寿命を延ばすことが望ましい。

【0022】白色有機発光素子の素子寿命に関しては、さらに深刻であると言える。低分子系を用いた白色有機発光素子の場合、一例を除き、初期輝度を $100\text{cd/m}^2$ に設

10

20

30

40

50

定した定電流駆動時の輝度の半減期は、ほぼ数十時間程度であると報告されている（文献 4：岸上泰久、「月刊ディスプレイ」、2000年9月号、20-25）。

【0023】また、特に白色有機発光素子の場合、その発光効率の低さも指摘されている。白色有機発光素子にカラーフィルターを組み合わせるCF方式では、多くの光がカラーフィルターに吸収されてしまうため、発光効率の低さは致命的である。青色有機発光素子を用いるCCM方式にしても、色変換層による光のロスが存在するのであるから、より高い発光効率が望ましいことは間違いない。

【0024】そこで本発明では、発光効率が高く、素子寿命の長い青色または白色の有機発光素子を提供することを課題とする。また、このような有機発光素子をCCM方式やCF方式と組み合わせることで、従来よりも発光効率が高く、かつ寿命が長く、さらに生産性のよいフルカラー表示装置を提供することを課題とする。

【0025】さらに、前記表示装置を用いて電気器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で長保ちする上に、コストの安い電気器具を提供することを課題とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】ところで、文献 1 において示された有機発光素子の基本的な構成であるが、まず、有機化合物膜に対するキャリア注入障壁を小さくする方法として、仕事関数が低い上に比較的安定なMg:Ag合金を陰極に用い、電子の注入性を高めている。このことにより、有機化合物膜に大量のキャリアを注入することを可能としている。

【0027】さらに有機化合物膜として、芳香族ジアミン化合物からなる正孔輸送層とトリス（8-キノリノラ）-アルミニウム（以下、「Alq」と記す）からなる電子輸送性発光層とを積層するという、シングルヘテロ構造を適用することにより、キャリアの再結合効率を飛躍的に向上させている。このことは、以下のように説明される。

【0028】例えば、Alq単層のみを有する有機発光素子の場合では、Alqが電子輸送性であるため、陰極から注入された電子のほとんどは正孔と再結合せずに陽極に達してしまい、発光の効率は極めて悪い。すなわち、単層の有機発光素子を効率よく発光させる（あるいは低電圧で駆動する）ためには、電子および正孔の両方をバランスよく輸送できる材料（以下、「バイポーラー材料」と記す）を用いる必要があり、Alqはその条件を満たしていない。

【0029】しかし、文献 1 のようなシングルヘテロ構造を適用すれば、陰極から注入された電子は正孔輸送層と電子輸送性発光層との界面でブロックされ、電子輸送性発光層中へ閉じこめられる。したがって、キャリアの再結合が効率よく電子輸送性発光層で行われ、効率のよ

い発光に至るのである。

【0030】また、文献 1 における有機発光素子は、いわば正孔の輸送は正孔輸送層が行い、電子の輸送および発光は電子輸送性発光層が行うという、機能分離が特徴であるとも言える。こういった機能分離の利点としては、機能分離することによって種類の有機材料に様々な機能（発光性、キャリア輸送性、電極からのキャリア注入性など）を同時に持たせる必要がなくなり、分子設計等に幅広い自由度を持たせることができる点にある

（例えば、無理にバイポーラー材料を探索する必要がなくなる）。つまり、発光特性のいい材料、キャリア輸送性が優れる材料などを、各々組み合わせることで、容易に高発光効率が達成できるということである。

【0031】従来の青色有機発光素子や白色発光素子にしても、同様な積層構造を応用した構造である。例えば青色有機発光素子は、文献 3 で示されるように、正孔輸送層と電子輸送層の間に発光層を挟むというダブルヘテロ構造が基本である。また、白色有機発光素子は、高分子材料の単層膜に色素を分散させる手法を除いた場合、つまり低分子系である場合には、ブロッキング層を用いた積層構造がよく用いられる（文献 5：Junji Kido, Masato Kimura, Katsutoshi Nagai, "Multilayer White Light-Emitting Organic Electroluminescent Device", Science, Vol. 267, No. 3, 1332-1334 (1995)）。なお、ブロッキング層とは、最高被占分子軌道（HOMO）と最低空分子軌道（LUMO）とのエネルギー差（以下、「励起エネルギーレベル」と記す）が大きく、正孔ないしは電子の通過、および分子励起子の拡散を防ぐ機能を持つ材料を用いた層のことである。

【0032】しかしながら、以上で述べたような積層構造は異種物質間の接合であるため、各層間に界面（以下、「有機界面」と記す）が生じることになる。有機界面を形成することによって由来する問題点として、有機発光素子の素子寿命に対する影響が考えられる。すなわち、有機界面においてキャリアの移動が妨げられ、チャージが蓄積することによる輝度の低下である。

【0033】この劣化機構に関してははっきりした理論は確立されていないが、陽極と正孔輸送層との間に正孔注入層を挿入し、さらにdc駆動ではなく矩形波のac駆動にすることによって、輝度の低下を抑えることができるという報告がある（文献 6：S. A. VanSlyke, C. H. Chen, and C. W. Tang, "Organic electroluminescent devices with improved stability", Applied Physics Letters, Vol. 69, No. 15, 2160-2162 (1996)）。このことは、正孔注入層の挿入およびac駆動によって、チャージの蓄積を排除することにより、輝度の低下を抑えることができたという実験的な裏付けと言える。

【0034】また、有機界面においてキャリアの移動が妨げられるのであれば、その分、駆動電圧も上昇してしまう可能性がある。駆動電圧を下げることであれば、



発光効率も向上する可能性があるため、発光効率の観点からも重要な問題提起である。

【0035】このような問題点を克服するためには、有機界面においてキャリアの移動が妨げられる理由を考察し、それを改善することが重要となる。そこでまず、本発明者は、有機界面の形成によりキャリアの移動が妨げられるモデルとして、以下に述べるような二つの機構を考えた。

【0036】まず一つの機構として、有機界面のモルフォロジーから生じるものが考えられる。有機発光素子における有機化合物膜は通常、アモルファス状態の膜であり、これは有機化合物の分子同士が、双極子相互作用を主とした分子間力で凝集することにより形成されている。ところが、このような分子の凝集体を用いてヘテロ構造を形成すると、分子のサイズや形状の違いがヘテロ構造の界面（すなわち有機界面）に大きな影響を及ぼす可能性がある。

【0037】特に、分子のサイズが大きく異なる材料を用いてヘテロ構造を形成した場合、その有機界面における接合の整合性が悪くなると考えられる。その概念図を図1に示す。図1では、小さい分子101からなる第一の層111と、大きい分子102からなる第二の層112を積層している。この場合、形成される有機界面113において、整合性の悪い領域114が発生してしまう。

【0038】図1で示した整合性の悪い領域114は、キャリアの移動を妨げるバリア（あるいはエネルギー障壁）となる可能性があるため、駆動電圧の低減へ向けての障害になり、発光効率を低下させることが示唆される。また、エネルギー障壁を越えられないキャリアはチャージとして蓄積してしまい、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

【0039】もう一つの機構として、ヘテロ構造を形成する（すなわち有機界面を形成する）工程から生じるものが考えられる。ヘテロ構造の有機発光素子は、各層を形成する際のコンタミネーションを避けるため、通常、図2に示すようなマルチチャンバー方式（インライン方式）の蒸着装置を用いて作製する。

【0040】図2に示した例は、正孔輸送層・発光層・電子輸送層のダブルヘテロ構造を形成するための蒸着装置の概念図である。まず、搬入室に陽極（インジウム錫酸化物（以下、「ITO」と記す）など）を有する基板を搬入し、まず紫外線照射室において真空雰囲気中で紫外線を照射することにより、陽極表面をクリーニングする。特に陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う。さらに、積層構造の各層を形成するため、蒸着室201で正孔輸送層を、蒸着室202～204で発光層（図2では、赤色、緑色、青色の三色を塗り分ける方式とした）を、蒸着室205で電子輸送層を成膜し、蒸着室206で陰極を蒸着する。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得

る。211～216は各蒸着源である。

【0041】このようなインライン方式の蒸着装置の特色としては、各層の蒸着を、それぞれ異なる蒸着室201～206において蒸着していることである。つまり、各層の材料がほとんど互いに混入しないような装置構成となっている。

【0042】ところで、蒸着装置の内部は通常 $10^{-4}$ ～ $10^{-5}$ パスカル程度に減圧されているものの、極微量の気体成分（酸素や水など）は存在している。そして、この程度の真空度の場合、それら極微量の気体成分でも、数秒もあれば容易に単分子レイヤー程度の吸着層を形成してしまうと言われている。

【0043】したがって、図2のような装置を用いて積層構造の有機発光素子を作製する場合、各層を形成する間に大きなインターバルが生じてしまうことが問題なのである。つまり、各層を形成する間のインターバル、特に第二搬送室を経由して搬送する際などに、極微量の気体成分による吸着層（以下、「不純物層」と記す）を形成してしまう懸念がある。

【0044】その概念図を図3に示す。図3は、第一の有機化合物301からなる第一の層311と、第二の有機化合物302からなる第二の層312とを積層する際に、その層間に微量の不純物303（水や酸素など）からなる不純物層313が形成されている様子である。

【0045】このようにして各層間（すなわち有機界面）に形成されてしまう不純物層は、有機発光素子の完成後、キャリアをトラップする不純物領域となってキャリアの移動を妨げるため、やはり駆動電圧を上昇させ、発光効率を低下させてしまう可能性がある。さらに、キャリアをトラップする不純物領域が存在すると、そこにはチャージが蓄積することになるため、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

【0046】そこで本発明者は、上述の有機界面で生じる問題点（有機界面のモルフォロジー悪化および不純物層の形成）を解決するため、図4に示すような接合構造を考案した。

【0047】図4は、小さい分子401からなる領域411と、大きい分子402からなる領域412と、小さい分子401および大きい分子402の両方を含む混合領域413と、からなる有機化合物膜の断面である。図4から明らかなように、図1で存在していたような有機界面113は存在せず、整合性の悪い領域114も存在しない。したがって、有機界面のモルフォロジー悪化については解決される。

【0048】また、不純物層の形成の解決であるが、これは単純明快である。図4のような接合構造を作製する場合、小さい分子401からなる領域411を蒸着し、途中からそれに加えて大きい分子402を共蒸着の形で蒸着することで混合領域413を形成し、混合領域413を形成後は、小さい分子401の蒸着を止めることで大きい分子402のみを蒸着する。つまり、有機界面を形成することなく常に



材料を蒸着している状態になる。したがって、図 2 のような蒸着装置を用いて有機発光素子を作製する際に生じる、インターバルが存在しない。つまり、不純物層を形成する隙を与えることがないのである。

【0049】このような接合構造を適用すれば、有機界面を形成することがないためキャリアの移動が潤滑であり、発光効率および素子の寿命に悪影響を及ぼすことがなくなる。さらに、従来の積層構造と同様に、機能分離はなされている。

【0050】また、従来の積層構造が異種物質間の単なる接合 (hetero-junction) であるのに対し、本発明の接合構造はいわば混合接合 (mixed-junction) であり、新しい概念に基づく有機発光素子の可能性を開くことができる。

【0051】そこで、本発明者はさらに、このような思想を適用することで、積層構造における有機界面を実質的に排除すると同時に、なおかつキャリア輸送や発光などの機能を発現させることが可能な、青色ないしは白色有機発光素子を実現する手法を考案した。

【0052】まず、青色有機発光素子において、ダブルヘテロ構造を元に混合接合を導入した素子の概念図を図 5 に示す。なお、ここでは基板 500 上に陽極 501 を設けてあるが、陰極 503 の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。502 は有機化合物膜である。

【0053】図 5 (a) の素子は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域 504、青色発光材料からなる発光領域 505、電子輸送材料からなる電子輸送領域 506 が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および青色発光材料が混合された第一の混合領域 507 と、電子輸送材料および青色発光材料が混合された第二の混合領域 508 と、を設けている。

【0054】また、図 5 (b) の素子では、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域 514、ホスト材料に青色発光材料 519 をドーブした発光領域 515、電子輸送材料からなる電子輸送領域 516 が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料およびホスト材料が混合された第一の混合領域 517 と、電子輸送材料およびホスト材料が混合された第二の混合領域 518 と、を設けている。

【0055】次に、白色有機発光素子において、ダブルヘテロ構造を元に混合接合を導入した素子の概念図を図 6 に示す。なお、ここでは基板 500 上に陽極 501 を設けてあるが、陰極 503 の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。502 は有機化合物膜である。

【0056】図 6 (a) の素子は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域 504、青色発光材料からなる領域 505、電子輸送材料からなる電子輸送領域 506 が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および青色発光材料が混合された第一の混合領域 507 と、電子輸送材料および青色発光材料が混合された第二の混合領域 508 と、を設けている。また、白色発光させるため、

青色よりも長い波長の発光を呈する第二の発光材料 601 を、青色発光材料からなる領域 505 に添加してある。第二の発光材料 601 の発光色としては、実質的には黄色～橙色程度が好ましい。

【0057】なお、第二の発光材料 601 は、青色発光材料からなる領域 505 の全体ではなく、一部に添加していることが望ましい。なぜならば、青色発光材料による青色発光も同時に取り出すことができなければ、白色にならないためである。

【0058】また、図 6 (a) とはことなり、混合領域 507 ないしは 508 に、第二の発光材料 601 を添加することも考えられる。その例として、図 6 (b) では、第一の混合領域 507 に添加した例を示した。

【0059】さらに、ダブルヘテロ構造を元に混合接合を導入した白色有機発光素子としては、青色発光材料の他に、青色よりも長い波長の発光を呈する第二の発光材料と、第二の発光材料よりも長い波長の光を呈する第三の発光材料を、ドーバントとして添加する手法もある。光の三原色を考慮し、第二の発光材料は緑色、第三の発光材料は赤色であることが好ましい。

【0060】この場合、第二の発光材料および第三の発光材料は、それぞれ別の混合領域 (すなわち、第一の混合領域と第二の混合領域) に添加されていることが望ましい。図 7 では、第二の発光材料 701 を第一の混合領域 507 に、第三の発光材料 702 を第二の混合領域 508 に、それぞれ添加した例を図示した。

【0061】ここまでは、ダブルヘテロ構造に混合接合を導入した素子構造であったが、次に、シングルヘテロ構造に混合接合を導入した素子構造について説明する。まず、青色有機発光素子において、シングルヘテロ構造に混合接合を導入した素子の概念図を図 8 に示す。なお、ここでは基板 800 上に陽極 801 を設けてあるが、陰極 803 の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。802 は有機化合物膜である。

【0062】図 8 (a) の素子は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域 804、電子輸送材料からなる電子輸送領域 805 が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および電子輸送材料が混合された混合領域 806 を設けており、正孔輸送材料か電子輸送材料のいずれかが青色発光を呈するものである。

【0063】また、図 8 (b) の素子では、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域 804、電子輸送材料からなる電子輸送領域 805 が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および電子輸送材料が混合された混合領域 806 を設けており、青色発光材料 807 が混合領域 806 に添加されているものである。

【0064】次に、白色有機発光素子において、シングルヘテロ構造に混合接合を導入した素子の概念図を図 9 に示す。なお、ここでは基板 800 上に陽極 801 を設けてあるが、陰極 803 の方を基板上に設ける逆の構造をとって

もよい。802は有機化合物膜である。

【0065】図9(a)の素子は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域804、電子輸送材料からなる電子輸送領域805が設けられているが、さらに、本発明の特徴として、正孔輸送材料および電子輸送材料が混合された混合領域806を設けており、正孔輸送材料か電子輸送材料のいずれかが青色発光を呈する。また、白色発光させるため、青色よりも長い波長の発光を呈する第二の発光材料901を、混合領域806に添加してある。第二の発光材料901の発光色としては、実質的には黄色～橙色程度が好ましい。

【0066】なお、第二の発光材料901は、混合領域806の全体ではなく、一部に添加していることが望ましい。なぜならば、青色発光材料による青色発光も同時に取り出すことができなければ、白色にならないためである。

【0067】また、図9(a)とはことなり、正孔輸送領域804ないしは電子輸送領域805に、第二の発光材料901を添加することも考えられる。その例として、図9(b)では、電子輸送領域805に添加した例を示した。

【0068】さらに、シングルヘテロ構造に混合接合を導入した白色有機発光素子としては、青色発光材料の他に、青色よりも長い波長の発光を呈する第二の発光材料と、第二の発光材料よりも長い波長の光を呈する第三の発光材料を、ドーパントとして添加する手法もある。光の三原色を考慮し、第二の発光材料は緑色、第三の発光材料は赤色であることが好ましい。

【0069】この場合、第二の発光材料および第三の発光材料は、それぞれ別のキャリア輸送領域（すなわち、正孔輸送領域と電子輸送領域）に添加されていることが望ましい。図10では、第二の発光材料1001を正孔輸送領域804に、第三の発光材料1002を電子輸送領域805に、それぞれ添加した例を図示した。

【0070】なお、ここまででは図示していないが、陽極と有機化合物膜との間に、正孔の注入性を高める材料（以下、「正孔注入材料」と記す）からなる正孔注入領域を挿入してもよい。あるいは、陰極と有機化合物膜との間に、電子の注入性を高める材料（以下、「電子注入材料」と記す）からなる電子注入領域を挿入してもよい。

【0071】この場合、正孔注入材料または電子注入材料は、電極から有機化合物膜へのキャリア注入障壁を小さくするための材料であるため、電極から有機化合物膜へのキャリアの移動を潤滑にし、チャージの蓄積を排除できる効果がある。ただし、先に述べたような不純物層の形成を避ける観点から、各注入材料と有機化合物膜との間は、インターバルをおかず成膜することが好ましい。

【0072】以上で述べたような青色ないしは白色の有機発光素子は、高い発光効率と、長い素子寿命を達成しうる。したがって、このような有機発光素子をCCM方式

やCF方式と組み合わせることで、従来よりも発光効率が高く、かつ寿命が長く、さらに生産性のよいフルカラー表示装置を達成することができる。

【0073】

【発明の実施の形態】以下では、本発明を実施する際の形態について述べる。なお、有機発光素子は、発光を取り出すために少なくとも陽極または陰極の一方が透明であればよいが、本実施の形態では、基板上に透明な陽極を形成し、陽極から光を取り出す素子構造で記述する。実際は、基板上に透明な陰極を形成して陰極から光を取り出す構造や、基板とは逆側から光を取り出す構造も本発明に適用可能である。

【0074】本発明を実施するに当たり、不純物層の形成を防ぐため、有機発光素子を作製する製造工程が重要になる。そこでまず、本発明で開示する有機発光素子の製造方法について述べる。

【0075】図11(a)は、蒸着装置の上面図であるが、蒸着室として一つの真空槽1110を設置し、その真空槽内に複数の蒸着源を設けてある、シングルチャンバー方式である。そして、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極の構成材料など、各種機能の異なる材料が、それぞれ前記複数の蒸着源に別々に収納されている。

【0076】このような蒸着室を有する蒸着装置においては、まず、搬入室に陽極（ITOなど）を有する基板を搬入し、陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う（なお、図11(a)では図示していないが、陽極表面をクリーニングするために紫外線照射室を設置することも可能である）。さらに、有機発光素子を形成する全ての材料は、真空槽1110内において蒸着される。ただし陰極は、この真空槽1110内で形成してもよいし、別に蒸着室を設けてそこで陰極を形成してもよい。要は、陰極を形成するまでの間を、一つの真空槽1110内で蒸着すればよい。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0077】このようなシングルチャンバー方式の蒸着装置を用いて本発明の有機発光素子を作製する手順を、図11(b)（真空槽1110の断面図）を用いて説明する。図11(b)では、簡単な例として、三つの蒸着源（有機化合物蒸着源a1116、有機化合物蒸着源b1117および有機化合物蒸着源c1118）を有する真空槽1110を用い、正孔輸送材料1121、電子輸送材料1122および青色発光材料1123を含む有機化合物膜（図5(a)で示した有機化合物膜502）を形成する過程を示す。

【0078】まず、真空槽1110内に、陽極1102を有する基板1101を搬入し、固定台1111にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。次に、真空槽1110内を減圧（ $10^{-4}$ パスカル以下が好ましい）した後、容器a1112を加熱し、正孔輸送材料1121を蒸発させ、所定の蒸着レート（単位：[Å/s]）に達してからシャッターa1114

を開け、蒸着を開始する。

【 0 0 7 9 】 正孔輸送領域1103が所定の厚さに達したあと、正孔輸送材料1121を蒸発させたまま青色発光材料1123の蒸着も開始し、第一の混合領域1105を形成する（図 1 1 (b) で示した状態）。次に、シャッターa1114を完全に閉じて正孔輸送材料1121の蒸着を終了し、青色発光材料1123からなる発光領域を形成する。この時、シャッターb1115を閉じたまま、容器b1113も加熱しておく。

【 0 0 8 0 】 発光領域が所定の厚さに達したあと、シャッターb1115を開いて電子輸送材料1122の蒸着を開始し、第二の混合領域を形成する。最後に、青色発光材料1123の蒸着を終了し、電子輸送材料1122からなる電子輸送領域を形成する。以上の操作は、全てインターバルをおかずに行っているため、いずれの領域においても不純物層が混入しない。

【 0 0 8 1 】 有機化合物蒸着源a1116、有機化合物蒸着源b1117、有機化合物蒸着源c1118の具体的な形状を図 2 4 に示す。蒸着源の形状としては、セルを用いるタイプや導電性の発熱体を用いるタイプなどがあるが、図 2 4 では導電性の発熱体を用いるタイプを示す。すなわち、容器a1112、容器b1113、および容器c2411を導電性の発熱体とし、正孔輸送材料1121が入った容器a1112を電極a2401に、電子輸送材料1122が入った容器b1113を電極b2402に、青色発光材料1123が入った容器c2411を電極c2403に、それぞれ挟み込み、通電することにより容器a1112、容器b1113、および容器c2411を加熱して蒸着する。ここでは、有機化合物蒸着源c1118に対するシャッターc2412も図示した。

【 0 0 8 2 】 この方法を応用すれば、課題を解決するための手段で述べた有機発光素子は、全て作製可能である。例えば、青色発光材料をゲストとし、その青色発光材料に対するホスト材料を用いる図 5 (b) のような素子の場合、図 1 1 (b) に加え、ホスト材料を蒸着するための蒸着源を設置すればよい。そして、ホスト材料は混合領域および発光領域の形成に用い、発光材料はホスト材料の蒸着中（発光領域の形成中）に、微量蒸発させて添加させればよいのである。

【 0 0 8 3 】 また、正孔注入領域または電子注入領域を形成する場合でも、各注入材料の蒸着源を同一の真空槽1110内に設置すればよい。例えば図 1 1 (b) において、陽極1102と正孔輸送領域1103との間に、正孔注入領域を蒸着にて設ける場合は、陽極1102上に正孔注入材料を蒸着した後、インターバルをおかずにすぐ正孔輸送材料1121を蒸発させることで、不純物層の形成を避けることができる。

【 0 0 8 4 】 次に、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、発光材料などに好適な材料を以下に列挙する。ただし、本発明の有機発光素子に用いる材料は、これらに限定されない。

【 0 0 8 5 】 正孔注入材料としては、有機化合物であれ

ばフタロシアニン（以下、「H<sub>2</sub>Pc」と記す）系の化合物、特に銅フタロシアニン（以下、「CuPc」と記す）がよく用いられる。高分子化合物では、共役系の導電性高分子化合物に化学ドーピングを施した材料もあり、ポリスチレンスルホン酸（以下、「PSS」と記す）をドーブしたポリエチレンジオキシチオフェン（以下、「PEDOT」と記す）や、ヨウ素などのルイス酸をドーブしたポリアニリン、ポリピロールなどが挙げられる。また、絶縁体の高分子化合物も陽極の平坦化の点で有効であり、ポリイミド（以下、「PI」と記す）がよく用いられる。さらに、無機化合物も用いられ、金や白金などの金属薄膜の他、酸化アルミニウム（以下、「アルミナ」と記す）の超薄膜などがある。

【 0 0 8 6 】 正孔輸送材料として最も広く用いられているのは、芳香族アミン系（すなわち、ベンゼン環一窒素の結合を有するもの）の化合物である。広く用いられている材料として、4, 4'-ビス（ジフェニルアミノ）-ビフェニル（以下、「TAD」と記す）や、その誘導体である4, 4'-ビス[N-（3-メチルフェニル）-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル（以下、「TPD」と記す）、4, 4'-ビス[N-（1-ナフチル）-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル（以下、「α-NPD」と記す）がある。4, 4', 4''-トリス（N, N-ジフェニル-アミノ）-トリフェニルアミン（以下、「TDATA」と記す）、4, 4', 4''-トリス[N-（3-メチルフェニル）-N-フェニル-アミノ]-トリフェニルアミン（以下、「MTDATA」と記す）などのスターバースト型芳香族アミン化合物が挙げられる。

【 0 0 8 7 】 電子輸送材料としては、金属錯体がよく用いられ、先に述べたAlq、トリス（4-メチル-8-キノリノラト）アルミニウム（以下、「Almq」と記す）、ビス（10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト）ベリリウム（以下、「Bebq」と記す）などのキノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体や、混合配位子錯体であるビス（2-メチル-8-キノリノラト）-（4-ヒドロキシ-ビフェニル）-アルミニウム（以下、「BAIq」と記す）などがある。また、ビス[2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾオキサゾラト]亜鉛（以下、「Zn(BOX)<sub>2</sub>」と記す）、ビス[2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾチアゾラト]亜鉛（以下、「Zn(BTZ)<sub>2</sub>」と記す）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体もある。さらに、金属錯体以外にも、2-（4-ビフェニル）-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1, 3, 4-オキサジアゾール（以下、「PBD」と記す）、1, 3-ビス[5-（p-tert-ブチルフェニル）-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン（以下、「OXD-7」と記す）などのオキサジアゾール誘導体、3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-フェニル-5-（4-ビフェニル）-1, 2, 4-トリアゾール（以下、「TAZ」と記す）

す)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニリル)-1,2,4-トリアゾール(以下、「p-EtTAZ」と記す)などのトリアゾール誘導体、バソフェナントロリン(以下、「BPhen」と記す)・バソキュプロイン(以下、「BCP」と記す)などのフェナントロリン誘導体が電子輸送性を有する。

【0088】電子注入材料としては、上で述べた電子輸送材料を用いることができる。その他に、フッ化リチウムなどのアルカリ金属ハロゲン化物や、酸化リチウムなどのアルカリ金属酸化物のような絶縁体の、超薄膜がよく用いられる。また、リチウムアセチルアセトネート(以下、「Li(acac)」と記す)や8-キノリノラトトリチウム(以下、「LiQ」と記す)などのアルカリ金属錯体も有効である。

【0089】発光材料としては、先に述べたAlq、Almq、BeBq、BALq、Zn(BOX)<sub>2</sub>、Zn(BTZ)<sub>2</sub>などの金属錯体の他、各種蛍光色素が有効である。蛍光色素としては、青色の4,4'-ビス(2,2-ジフェニル-ビニル)-ビフェニル(以下、「DPVBi」と記す)や、赤橙色の4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノステリル)-4H-ピラン(以下、「DCM」と記す)などがある。また、三重項発光材料も可能であり、白金ないしはイリジウムを中心金属とする錯体が主体である。三重項発光材料として、トリス(2-フェニルピリジン)イリジウム(以下、「Ir(ppy)<sub>3</sub>」と記す)、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン-白金(以下、「PtOEP」と記す)などが知られている。

【0090】以上で述べたような各機能を有する材料を、各々組み合わせ、本発明の有機発光素子に適用することにより、従来よりも発光効率が高い上に素子の寿命が長い有機発光素子を作製することができる。

【0091】このような有機発光素子を用いてフルカラーの表示装置を作製する場合の、装置構成の概略を図12に示す。図12(a)は青色有機発光素子に色変換層を組み合わせたCCM方式であり、図12(b)は白色有機発光素子にカラーフィルターを組み合わせたCF方式である。なお、図12(a)において、B→Bの色変換層は、あってもなくてもよい。

【0092】色変換層1215およびカラーフィルター1205a~1205cは、公知の技術であるフォトリソグラフィ技術を用いて、基板上に容易にパターンニングすることが可能である。したがって、これを用いてフルカラー表示装置を作製すればよい。

【0093】

【実施例】  
【実施例1】本実施例では、図5(a)で示した青色有機発光素子において、陽極501と有機化合物膜502との間に正孔注入領域を挿入した構造の素子を、具体的に例示する。

【0094】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極501を形成したガラス基板500を用意する。この陽極501を有するガラス基板500を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料(4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属)を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0095】まず、正孔注入材料としてMTDATAを20nm蒸着し、正孔注入領域を形成するが、20nmに達してMTDATAの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料であるTADのスピロ2量体(以下、「S-TAD」と記す)の蒸着を3Å/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0096】次に、S-TADのみからなる正孔輸送領域504を、3Å/sの蒸着レートにて20nm形成したあと、その蒸着レートは固定したまま、発光材料であるDPVBiのスピロ2量体(以下、「S-DPVBi」と記す)の蒸着も3Å/sにて開始する。すなわち、S-TADとS-DPVBiの比率が1:1となるような第一の混合領域507を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。

【0097】第一の混合領域507を形成後、S-TADの蒸着は終了し、引き続きS-DPVBiの蒸着を続けることによって発光領域505を形成する。厚さは20nmとする。さらに、引き続きS-DPVBiの蒸着を続けたまま、電子輸送材料であるAlqの蒸着を3Å/sの蒸着レートで開始する。すなわち、S-DPVBiとAlqの比率が1:1となるような第二の混合領域508を、共蒸着にて形成することになる。厚さは10nmとする。

【0098】第二の混合領域508を形成後、S-DPVBiの蒸着は終了し、引き続きAlqの蒸着を続けることによって、40nmの電子輸送領域506を形成する。最後に、陰極503としてイッテルビウムを400nm程度蒸着することにより、S-DPVBiに由来する青色発光の有機発光素子を得る。

【0099】  
【実施例2】本実施例では、図5(b)で示した青色有機発光素子において、陰極513と有機化合物膜512との間に電子注入領域を挿入した構造の素子を、具体的に例示する。

【0100】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極511を形成したガラス基板510を用意する。この陽極511を有するガラス基板510を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、6種類の材料(5種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属)を蒸着するため、6つの蒸着源が必要となる。

【0101】まず、TPDのみからなる正孔輸送領域514を30nm形成した後、TPDの蒸着レートは3Å/sに固定したまま、発光材料に対するホスト材料として、BALqの蒸着も3Å/sにて開始する。すなわち、TPDとAlqのレート

比率が 1 : 1 となるような第一の混合領域 517 を、共蒸着にて形成することになる。厚さは 10nm とする。

【 0 1 0 2 】 第一の混合領域 517 を形成後、TPD の蒸着は終了し、引き続き BAlq の蒸着を続けることによって発光領域 515 を形成する。厚さは 20nm とする。この時、発光領域 515 に対し、発光材料 519 として青色蛍光色素であるペリレンを 5wt% 添加しておく。

【 0 1 0 3 】 発光領域 515 を形成後、ペリレンの蒸着は終了するが、引き続き BAlq の蒸着は続けたまま、電子輸送材料である Alq の蒸着を 3 Å/s の蒸着レートで開始する。すなわち、BAlq と Alq のレート比率が 1 : 1 となるような第二の混合領域 518 を、共蒸着にて形成することになる。厚さは 10nm とする。

【 0 1 0 4 】 第二の混合領域 518 を形成後、BAlq の蒸着は終了し、引き続き Alq の蒸着を続けることによって、30nm の電子輸送領域 516 を形成する。さらに、電子注入材料として、Li(acac) を 2nm 成膜し、電子注入領域とする。

【 0 1 0 5 】 最後に、陰極として Al を 150nm 程度蒸着することにより、ペリレンに由来する青色発光の有機発光素子を得る。

【実施例 3】 本実施例では、図 6 (a) で示した白色有機発光素子を、具体的に例示する。

【 0 1 0 6 】 まず、ITO をスパッタリングによって 100nm 程度成膜し、陽極 501 を形成したガラス基板 500 を用意する。この陽極 501 を有するガラス基板 500 を、図 1 1 において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5 種類の材料 (4 種類は有機化合物であり、1 種類は陰極となる金属) を蒸着するため、5 つの蒸着源が必要となる。

【 0 1 0 7 】 まず、 $\alpha$ -NPD のみからなる正孔輸送領域 504 を 30nm 形成した後、 $\alpha$ -NPD の蒸着レートは 3 Å/s に固定したまま、青色発光材料として、Zn(BTZ)<sub>2</sub> (実際は、白色に近い青白色) の蒸着も 3 Å/s にて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPD と Zn(BTZ)<sub>2</sub> のレート比率が 1 : 1 となるような第一の混合領域 507 を、共蒸着にて形成することになる。厚さは 10nm とする。

【 0 1 0 8 】 第一の混合領域 507 を形成後、 $\alpha$ -NPD の蒸着は終了し、引き続き Zn(BTZ)<sub>2</sub> の蒸着を続けることによって発光領域 505 を形成する。厚さは 20nm とする。この時、発光領域 505 における最後の 10nm (すなわち、発光領域 20nm のうち、10nm ~ 20nm の間) において、第二の発光材料 601 として赤橙色蛍光色素である DCM を 0.5wt% 添加しておく。

【 0 1 0 9 】 発光領域 505 を形成後、DCM の蒸着は終了するが、引き続き Zn(BTZ)<sub>2</sub> の蒸着は続けたまま、電子輸送材料である BAlq の蒸着を 3 Å/s の蒸着レートで開始する。すなわち、Zn(BTZ)<sub>2</sub> と BAlq のレート比率が 1 : 1 となるような第二の混合領域 508 を、共蒸着にて形成することになる。厚さは 10nm とする。

【 0 1 1 0 】 第二の混合領域 508 を形成後、Zn(BTZ)<sub>2</sub> の蒸着は終了し、引き続き BAlq の蒸着を続けることによって、30nm の電子輸送領域 506 を形成する。最後に、陰極として Al : Li 合金を 150nm 程度蒸着することにより、白色発光の有機発光素子を得る。

【 0 1 1 1 】 【実施例 4】 本実施例では、図 7 で示した白色有機発光素子を、具体的に例示する。

【 0 1 1 2 】 まず、ITO をスパッタリングによって 100nm 程度成膜し、陽極 501 を形成したガラス基板 500 を用意する。この陽極 501 を有するガラス基板 500 を、図 1 1 において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、6 種類の材料 (5 種類は有機化合物であり、1 種類は陰極となる金属) を蒸着するため、6 つの蒸着源が必要となる。

【 0 1 1 3 】 まず、 $\alpha$ -NPD のみからなる正孔輸送領域 504 を 30nm 形成したあと、 $\alpha$ -NPD の蒸着レートは 3 Å/s に固定したまま、青色発光材料として、S-DPVBi の蒸着も 3 Å/s にて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPD と S-DPVBi のレート比率が 1 : 1 となるような第一の混合領域 507 を、共蒸着にて形成することになる。厚さは 10nm とする。ただしこの時、第二の発光材料 701 として、緑色蛍光色素である N, N'-ジメチルキナクリドン (以下、「DMq」と記す) を 0.5wt% 程度添加しておく。

【 0 1 1 4 】 第一の混合領域 507 を形成後、 $\alpha$ -NPD の蒸着は終了し、引き続き S-DPVBi の蒸着を続けることによって発光領域 505 を形成する。厚さは 20nm とする。さらに引き続きの S-DPVBi 蒸着は続けたまま、電子輸送材料である Alq の蒸着を 3 Å/s の蒸着レートで開始する。すなわち、S-DPVBi と Alq のレート比率が 1 : 1 となるような第二の混合領域 508 を、共蒸着にて形成することになる。厚さは 10nm とする。ただしこの時、第三の発光材料 702 として、赤橙色蛍光色素である DCM を 0.5wt% 添加しておく。

【 0 1 1 5 】 第二の混合領域 508 を形成後、S-DPVBi の蒸着は終了し、引き続き Alq の蒸着を続けることによって、30nm の電子輸送領域 506 を形成する。最後に、陰極として Al : Li 合金を 150nm 程度蒸着することにより、白色発光の有機発光素子を得る。

【 0 1 1 6 】 【実施例 5】 本実施例では、図 8 (a) で示した青色有機発光素子において、陰極 803 と有機化合物膜 802 との間に電子注入領域を挿入した構造の素子を、具体的に例示する。

【 0 1 1 7 】 まず、ITO をスパッタリングによって 100nm 程度成膜し、陽極 801 を形成したガラス基板 800 を用意する。この陽極 801 を有するガラス基板 800 を、図 1 1 において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、4 種類の材料 (3 種類は有機化合物であり、1 種類は陰極となる金属) を蒸着するため、4 つの蒸着源が必要となる。

【 0 1 1 8 】 まず、 $\alpha$ -NPD のみからなる正孔輸送領域 8

04を、3 Å/s の蒸着レートにて40nm形成したあと、その蒸着レートは固定したまま、電子輸送材料であるBCPの蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPDとBCPのレート比率が1 : 1となるような混合領域806を、共蒸着にて形成することになる。厚さは20nmとする。

【0119】混合領域806を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着は終了し、引き続きBCPの蒸着を続けることによって、20nmの電子輸送領域805を形成する。さらに、インターバルをおかずに、電子注入材料であるAlqの蒸着を開始し、40nmの電子注入領域を形成する。

【0120】最後に、陰極803としてAl : Li合金を150nm程度蒸着することにより、 $\alpha$ -NPDに由来する青色発光の有機発光素子を得る。なお、混合領域806に対し、ペリレンのような青色蛍光色素を添加すれば、図8(b)のような形態が可能である。

【0121】〔実施例6〕本実施例では、図9(b)で示した白色有機発光素子を、具体的に例示する。

【0122】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極801を形成したガラス基板800を用意する。この陽極801を有するガラス基板800を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、4種類の材料（3種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、4つの蒸着源が必要となる。

【0123】まず、 $\alpha$ -NPDのみからなる正孔輸送領域804を、3 Å/s の蒸着レートにて40nm形成したあと、その蒸着レートは固定したまま、電子輸送材料であるBAIqの蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPDとBAIqのレート比率が1 : 1となるような混合領域806を、共蒸着にて形成することになる。厚さは20nmとする。

【0124】混合領域806を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着は終了し、引き続きBAIqの蒸着を続けることによって、40nmの電子輸送領域805を形成する。この時、電子輸送領域805における最初の10nm（すなわち電子輸送領域40nmのうち、0nm~10nmの間）において、第二の発光材料901として黄色蛍光色素であるルブレンを0.5wt%添加しておく。

【0125】最後に、陰極803としてAl : Li合金を150nm程度蒸着することにより、白色発光の有機発光素子を得る。

【0126】〔実施例7〕本実施例では、図10で示した白色有機発光素子を、具体的に例示する。

【0127】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極801を形成したガラス基板800を用意する。この陽極801を有するガラス基板800を、図11において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料（4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0128】まず、 $\alpha$ -NPDのみからなる正孔輸送領域804を、3 Å/s の蒸着レートにて40nm形成するが、正孔

輸送領域804における最後の10nm（すなわち正孔輸送領域40nmのうち、30nm~40nmの間）において、第二の発光材料1001として緑色蛍光色素であるDMqを0.5wt%添加しておく。

【0129】次に、正孔輸送領域804を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着レートは固定したまま、電子輸送材料であるBAIqの蒸着も3 Å/sにて開始する。すなわち、 $\alpha$ -NPDとBAIqのレート比率が1 : 1となるような混合領域806を、共蒸着にて形成することになる。厚さは30nmとする。

10 【0130】混合領域806を形成後、 $\alpha$ -NPDの蒸着は終了し、引き続きBAIqの蒸着を続けることによって、40nmの電子輸送領域805を形成する。この時、電子輸送領域805における最初の10nm（すなわち電子輸送領域40nmのうち、0nm~10nmの間）において、第三の発光材料1002として赤橙色蛍光色素であるDCMを0.5wt%添加しておく。

【0131】最後に、陰極803としてAl : Li合金を150nm程度蒸着することにより、白色発光の有機発光素子を得る。

20 【0132】〔実施例8〕本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む表示装置について説明する。図13は、本発明の有機発光素子を用いたアクティブマトリクス型表示装置の断面図である。

【0133】なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「TFT」と記す）を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的にはプレーナ型TFT）を例示するが、ボトムゲート型TFT（典型的には逆スタガ型TFT）を用いることもできる。

30 【0134】図13(a)において、1301は基板であり、ここでは基板側から光を取り出すため、可視光を透過する基板を用いる。具体的には、ガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板もしくはプラスチック基板（プラスチックフィルムを含む）を用いればよい。なお、基板1301とは、表面に設けた絶縁膜も含めるものとする。

【0135】基板1301の上には画素部1311および駆動回路1312が設けられている。まず、画素部1311について説明する。

【0136】画素部1311は画像表示を行う領域である。基板上には複数の画素が存在し、各画素には有機発光素子に流れる電流を制御するためのTFT（以下、「電流制御TFT」と記す）1302、画素電極（陽極）1303、本発明で開示した有機化合物膜1304および陰極1305が設けられている。なお、図13(a)では電流制御TFTしか図示していないが、電流制御TFTのゲートに加わる電圧を制御するためのTFT（以下、「スイッチングTFT」と記す）を設けている。

【0137】電流制御TFT1302は、ここではpチャネル型TFTを用いることが好ましい。nチャネル型TFTとすることも可能であるが、図13のように有機発光素子の陽極に電流制御TFTを接続する場合は、pチャネル型TFTの方



が消費電力を押さえることができる。ただし、スイッチングTFTはnチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでもよい。

【0138】また、電流制御TFT1302のドレインには画素電極1303が電氣的に接続されている。本実施例では、画素電極1303の材料として仕事関数が4.5～5.5eVの導電性材料を用いるため、画素電極1303は有機発光素子の陽極として機能する。画素電極1303として代表的には、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物（ITOなど）のような、光透過性の材料を用いればよい。画素電極1303の上には有機化合物膜1304が設けられている。

【0139】さらに、有機化合物膜1304の上には陰極1305が設けられている。陰極1305の材料としては、仕事関数が2.5～3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。陰極1305として代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。

【0140】また、画素電極1303、有機化合物膜1304、および陰極1305からなる層は、保護膜1306で覆われている。保護膜1306は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。保護膜1306の材料としては、窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化タンタル、もしくは炭素（具体的にはダイヤモンドライクカーボン）を用いる。

【0141】1320は、図12で示したような色変換層ないしはカラーフィルターである。ここでは、基板1301に加工した窪みに形成された例を示す。有機化合物膜1304が青色発光を呈する場合は色変換層を、有機化合物膜1304が白色発光を呈する場合はカラーフィルターを、用いればよい。

【0142】次に、駆動回路1312について説明する。駆動回路1312は画素部1311に伝送される信号（ゲート信号およびデータ信号）のタイミングを制御する領域であり、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフトが設けられている。図13(a)では、これらの回路の基本単位としてnチャネル型TFT1307およびpチャネル型TFT1308からなるCMOS回路を示している。

【0143】なお、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフトの回路構成は、公知のものでよい。また図13では、同一の基板上に画素部1311および駆動回路1312を設けているが、駆動回路1312を設けずにICやLSIを電氣的に接続することもできる。

【0144】また、図13では電流制御TFT1302に画素電極（陽極）1303が電氣的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、画素電極を陰極1305と同様の材料で形成し、陰

極を画素電極（陽極）1303と同様の材料で形成すればよい。その場合、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0145】ところで、図13(a)に示した表示装置は、画素電極1303を形成した後に配線1309を形成する工程で作製されたものを示してあるが、この場合、画素電極1303が表面荒れを起こす可能性がある。有機発光素子は電流駆動型の素子であるため、画素電極1303の表面荒れにより、特性が悪くなることも考えられる。

10 【0146】そこで、図13(b)に示すように、配線1309を形成した後に画素電極1303を形成する表示装置も考えられる。この場合、図13(a)の構造に比べて、画素電極1303からの電流の注入性が向上すると考えられる。

【0147】また、図13においては、正ターバー型の土手状構造1310によって、画素部1311に設置されている各画素を分離している。この土手状構造を、例えば逆ターバー型のような構造にすることにより、土手状構造が画素電極に接しない構造をとることもできる。その一例を図14に示す。なお、図13に対応する部分には同じ符号を用いる。

20 【0148】図14では、配線を利用して分離部を兼ねた、配線および分離部1410を設けた。図14で示されるような配線および分離部1410の形状（ひさしのある構造）は、配線を構成する金属と、前記金属よりもエッチレートの高い材料（例えば金属窒化物）とを積層し、エッチングすることにより形成することができる。この形状により、画素電極1403や配線と、陰極1405とが、ショートすることを防ぐことができる。なお、図14においては、通常のアクティブマトリクス型の表示装置と異なり、画素上の陰極1405をストライプ状（パッシブマトリクスの陰極と同様）にする構造になる。

【0149】次に、図13(b)に示したアクティブマトリクス型表示装置の外観を図15に示す。なお、図15(a)には上面図を示し、図15(b)には図15(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。また、図13の符号を引用する。

【0150】図15(a)において、1501は画素部、1502はゲート信号側駆動回路、1503はデータ信号側駆動回路である。また、ゲート信号側駆動回路1502およびデータ信号側駆動回路1503に伝送される信号は、入力配線1504を介してTAB（Tape Automated Bonding）テープ1505から入力される。なお、図示しないが、TABテープ1505の代わりに、TABテープにIC（集積回路）を設けたTCP（Tape Carrier Package）を接続してもよい。

【0151】このとき、1506は図13(b)に示した表示装置の上方に設けられるカバー材であり、樹脂からなるシール材1507により接着されている。カバー材1506は酸素および水を透過しない材質であれば、いかなるものを用いてもよい。本実施例では、カバー材1506は図15(b)に示すように、プラスチック材1506aと、前記プラス



チック材1506aの表面および裏面に設けられた炭素膜（具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜）1506b、1506cからなる。

【0152】さらに、図15(b)に示すように、シール材1507は樹脂からなる封止材1508で覆われ、有機発光素子を完全に密閉空間1509に封入するようになっている。密閉空間1509は不活性ガス（代表的には窒素ガスや希ガス）、樹脂または不活性液体（例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素）を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

【0153】また、本実施例に示した表示装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0154】なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0155】〔実施例9〕本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む表示装置の例として、アクティブマトリクス型表示装置を例示するが、実施例8とは異なり、能動素子が形成されている基板とは反対側から光を取り出す構造（以下、「上方出射」と記す）の表示装置を示す。図16にその断面図を示す。

【0156】なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「TFT」と記す）を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的にはプレーナ型TFT）を例示するが、ボトムゲート型TFT（典型的には逆スタガ型TFT）を用いることもできる。

【0157】本実施例において、基板1601、画素部1611に形成された電流制御TFT1602、および駆動回路1612に関しては、実施例8と同様の構成でよい。

【0158】電流制御TFT1602のドレインに接続されている第一電極1603であるが、本実施例では陽極として用いるため、仕事関数がより大きい導電性材料を用いることが好ましい。その代表例として、ニッケル、パラジウム、タングステン、金、銀などの金属が挙げられる。本実施例では、第一電極1603は光を透過しないことが好ましいが、それに加えて、光の反射性の高い材料を用いることがさらに好ましい。

【0159】第一電極1603の上には有機化合物膜1604が設けられている。さらに、有機化合物膜1604の上には第二電極1605が設けられており、本実施例では陰極とする。その場合、第二電極1605の材料としては、仕事関数が2.5〜3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。代

表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。ただし、本実施例は上方出射であるため、第二電極1605が光透過性であることが大前提である。したがって、これらの金属を用いる場合は、20nm程度の超薄膜であることが好ましい。

【0160】また、第一電極1603、有機化合物膜1604、および第二電極1605からなる層は、保護膜1606で覆われている。保護膜1606は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。本実施例では、光を透過するものであればいかなるものを用いてもよい。

【0161】なお、図16では電流制御TFT1602に第一電極（陽極）1603が電気的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、第一電極を陰極の材料で形成し、第二電極を陽極の材料で形成すればよい。このとき、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0162】さらに、1607はカバー材であり、樹脂からなるシール材1608により接着されている。カバー材1607は酸素および水を透過しない材質で、かつ、光を透過する材質であればいかなるものを用いてもよい。本実施例ではガラスを用いる。密閉空間1609は不活性ガス（代表的には窒素ガスや希ガス）、樹脂または不活性液体（例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素）を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

【0163】1620は、図12で示したような色変換層ないしはカラーフィルターである。ここでは、カバー材1607に設けられた例を示す。有機化合物膜1604が青色発光を呈する場合は色変換層を、有機化合物膜1604が白色発光を呈する場合はカラーフィルターを、用いればよい。

【0164】また、本実施例においては、実施例8に比べて1620と有機化合物膜との距離が大きいため、1620を単にバターニングしただけでは光が混色してしまう恐れがある（隣の画素における発光が影響してしまう）。そこで本実施例では、ブラックマトリクス1621を設置することにより、隣の画素の光による影響を小さくする手法を適用した。

【0165】なお、ゲート信号側駆動回路およびデータ信号側駆動回路に伝送される信号は、入力配線1613を介してTAB（Tape Automated Bonding）テープ1614から入力される。なお、図示しないが、TABテープ1614の代わりに、TABテープにIC（集積回路）を設けたTCP（Tape Carrier Package）を接続してもよい。

【0166】また、本実施例に示した表示装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜

から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0167】なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

#### 【実施例 10】

【0168】本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む表示装置の例として、パッシブマトリクス型表示装置を例示する。図 17 (a) にはその上面図を示し、図 17 (b) には図 17 (a) を P-P' で切断した時の断面図を示す。

【0169】図 17 (a) において、1701 は基板であり、ここではプラスチック材を用いる。プラスチック材としては、ポリイミド、ポリアミド、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、PES (ポリエーテルスルホン)、PC (ポリカーボネート)、PET (ポリエチレンテレフタレート) もしくは PEN (ポリエーテルニトリル) を板状、もしくはフィルム上にしたものが使用できる。

【0170】1702 は酸化導電膜からなる走査線 (陽極) であり、本実施例では酸化亜鉛に酸化ガリウムを添加した酸化物導電膜を用いる。また、1703 は金属膜からなるデータ線 (陰極) であり、本実施例ではビスマス膜を用いる。また、1704 はアクリル樹脂からなるバンクであり、データ線 1703 を分断するための隔壁として機能する。走査線 1702 とデータ線 1703 は両方とも、ストライプ状に複数形成されており、互いに直交するように設けられている。なお、図 17 (a) では図示していないが、走査線 1702 とデータ線 1703 の間には有機化合物膜が挟まれており、交差部 1705 が画素となる。

【0171】そして、走査線 1702 およびデータ線 1703 は TAB テープ 1707 を介して外部の駆動回路に接続される。なお、1708 は走査線 1702 が集合してなる配線群を表しており、1709 はデータ線 1703 に接続された接続配線 1706 の集合からなる配線群を表す。また、図示していないが、TAB テープ 1707 の代わりに、TAB テープに IC を設けた TCP を接続してもよい。

【0172】また、図 17 (b) において、1710 はシール材、1711 はシール材 1710 によりプラスチック材 1701 に貼り合わされたカバー材である。シール材 1710 としては光硬化樹脂を用いればよく、脱ガスが少なく、吸湿性の低い材料が望ましい。カバー材としては基板 1701 と同一の材料が好ましく、ガラス (石英ガラスを含む) もしくはプラスチックを用いることができる。ここではプラスチック材を用いる。

【0173】1720 は、図 12 で示したような色変換層ないしはカラーフィルターである。ここでは、基板 1701 に加工した窪みに形成された例を示す。有機化合物膜 1713 が青色発光を呈する場合は色変換層を、有機化合物膜 1713 が白色発光を呈する場合はカラーフィルターを、用い

ればよい。

【0174】次に、画素領域の構造 1712 の拡大図を図 17 (c) に示す。1713 は有機化合物膜である。なお、図 17 (c) に示すように、バンク 1704 は下層の幅が上層の幅よりも狭い形状になっており、データ線 1703 を物理的に分断できる。また、シール材 1710 で囲まれた画素部 1714 は、樹脂からなる封止材 1715 により外気から遮断され、有機化合物膜の劣化を防ぐ構造となっている。

【0175】以上のような構成からなる本発明の表示装置は、画素部 1714 が走査線 1702、データ線 1703、バンク 1704 および有機化合物膜 1713 で形成されるため、非常に簡単なプロセスで作製することができる。

【0176】また、本実施例に示した表示装置の表示面 (画像を観測する面) に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0177】なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0178】【実施例 11】本実施例では、実施例 10 で示した表示装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0179】図 18 (a) に示すモジュールは、基板 1801 (ここでは、画素部 1802、配線 1803a、1803b を含む) に TAB テープ 1804 が取り付けられ、前記 TAB テープ 1804 を介してプリント配線板 1805 が取り付けられている。

【0180】ここで、プリント配線板 1805 の機能ブロック図を図 18 (b) に示す。プリント配線板 1805 の内部には少なくとも I/O ポート (入力もしくは出力部) 1806、1809、データ信号側駆動回路 1807 およびゲート信号側回路 1808 として機能する IC が設けられている。

【0181】このように、基板面に画素部が形成された基板に TAB テープが取り付けられ、その TAB テープを介して駆動回路としての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特に駆動回路外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0182】なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0183】【実施例 12】本実施例では、実施例 8、実施例 9、もしくは実施例 10 に示した表示装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0184】図 19 (a) に示すモジュールは、基板 1901 (ここでは、画素部 1902、データ信号側駆動回路 1903、ゲート信号側駆動回路 1904、配線 1903a、1904a を含む) に TAB テープ 1905 が取り付けられ、その TAB テープ 19

05を介してプリント配線板1906が取り付けられている。プリント配線板1906の機能ブロック図を図19(b)に示す。

【0185】図19(b)に示すように、プリント配線板1906の内部には少なくともI/Oポート1907、1910、コントロール部1908として機能するICが設けられている。なお、ここではメモリ部1909を設けてあるが、必ずしも必要ではない。またコントロール部1908は、駆動回路の制御、映像データの補正などをコントロールするための機能を有した部位である。

【0186】このように、有機発光素子の形成された基板にコントローラーとしての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特にコントローラー外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0187】なお、本実施例の表示装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0188】【実施例13】本実施例では、有機発光素子を、デジタル時間階調表示により定電圧駆動する表示装置の例を示す。本実施例の表示装置は、デジタル時間階調表示により均一な像を得ることができ、非常に有用である。

【0189】有機発光素子を用いた画素の、回路構成を図20(a)に示す。Trはトランジスタ、Csはストレージキャパシタを表す。この回路においては、ゲート線が選択されると、電流がソース線からTr1に流れ、その信号に対応する電圧がCsに蓄積される。そして、Tr2のゲートおよびソース間の電圧( $V_{gs}$ )により制御される電流が、Tr2および有機発光素子に流れることになる。

【0190】Tr1が選択されたあとは、Tr1はオフ状態となり、Csの電圧( $V_{gs}$ )が保持される。したがって、 $V_{gs}$ に依存するだけの電流を流し続けることができる。

【0191】このような回路を、デジタル時間階調表示により駆動するチャートを図20(b)に示す。すなわち、1フレームを複数のサブフレームに分割するわけだが、図20(b)では、1フレームを6つのサブフレームに分割する6ビット階調とした。この場合、それぞれのサブフレーム発光期間の割合は、32:16:8:4:2:1となる。

【0192】本実施例におけるTFT基板の駆動回路の概要を図20(c)に示す。ゲートドライバおよびソースドライバは同じ基板上に設けられている。本実施例では、画素回路およびドライバは、デジタル駆動するように設計されているため、TFT特性のばらつきの影響を受けることなく、均一な像を得ることができる。

【0193】【実施例14】本実施例では、本発明で開示した有機発光素子に一定の電流を流すことにより駆動する、アクティブマトリクス型の定電流駆動回路の例を示す。その回路構成を図23に示す。

【0194】図23に示す画素2310は、信号線Si、第1走査線Gj、第2走査線Pj及び電源線Viを有している。また画素2310は、Tr1、Tr2、Tr3、Tr4、混合接合型の有機発光素子2311及び保持容量2312を有している。

【0195】Tr3とTr4のゲートは、共に第1走査線Gjに接続されている。Tr3のソースとドレインは、一方は信号線Siに、もう一方はTr2のソースに接続されている。またTr4のソースとドレインは、一方はTr2のソースに、もう一方はTr1のゲートに接続されている。つまり、Tr3のソースとドレインのいずれか一方と、Tr4のソースとドレインのいずれか一方とは、接続されている。

【0196】Tr1のソースは電源線Viに、ドレインはTr2のソースに接続されている。Tr2のゲートは第2走査線Pjに接続されている。そしてTr2のドレインは有機発光素子2311が有する画素電極に接続されている。有機発光素子2311は、画素電極と、対向電極と、画素電極と対向電極の間に設けられた有機発光層とを有している。有機発光素子2311の対向電極は発光パネルの外部に設けられた電源によって一定の電圧が与えられている。ここで用いる有機発光素子2311は、本発明で開示した混合領域を有する有機発光素子のいずれを用いてもよい。例えば、実施例1〜7に示した有機発光素子を適用すればよい。

【0197】なお、Tr3とTr4は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。ただし、Tr3とTr4の極性は同じである。また、Tr1はnチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。Tr2は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。発光素子の画素電極と対向電極は、一方が陽極であり、他方が陰極である。Tr2がpチャネル型TFTの場合、陽極を画素電極として用い、陰極を対向電極として用いるのが望ましい。逆に、Tr2がnチャネル型TFTの場合、陰極を画素電極として用い、陽極を対向電極として用いるのが望ましい。

【0198】保持容量2312はTr1のゲートとソースとの間に形成されている。保持容量2312はTr1のゲートとソースの間の電圧( $V_{gs}$ )をより確実に維持するために設けられているが、必ずしも設ける必要はない。

【0199】図23に示した画素では、信号線Siに供給される電流を信号線駆動回路が有する電流源において制御されている。

【0200】以上のような回路構成を適用することにより、有機発光素子に一定の電流を流して輝度を一定に保とうとする定電流駆動が可能となる。本発明で開示した混合領域を有する有機発光素子は従来の有機発光素子に比べて寿命が長い、上記のような定電流駆動を実施することでさらに長寿命化を図ることができるため、有効

である。

【0201】 [実施例15] 上記実施例で述べた本発明の表示装置は、低消費電力で寿命が長いという利点を有する。したがって、前記表示装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも低い消費電力で動作可能であり、なおかつ長保ちする電気器具となる。特に電源としてバッテリーを使用する携帯機器のような電気器具に関しては、低消費電力化が便利さに直結する（電池切れが起こりにくい）ため、極めて有用である。

【0202】 また、前記表示装置は、自発光型であることから液晶表示装置のようなバックライトは必要なく、有機化合物膜の厚みも1  $\mu\text{m}$ に満たないため、薄型軽量化が可能である。したがって、前記表示装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも薄型軽量の電気器具となる。このことも、特に携帯機器のような電気器具に関して、便利さ（持ち運びの際の軽さやコンパクトさ）に直結するため、極めて有用である。さらに、電気器具全般においても、薄型である（かさばらない）ことは運送面（大量輸送が可能）、設置面（部屋などのスペース確保）からみても有用であることは疑いない。

【0203】 なお、前記表示装置は自発光型であるために、液晶表示装置に比べて明るい場所での視認性に優れ、しかも視野角が広いという特徴を持つ。したがって、前記表示装置を表示部として有する電気器具は、表示の見やすさの点でも大きなメリットがある。

【0204】 すなわち、本発明の表示装置を用いた電気器具は、薄型軽量・高視認性といった従来の有機発光素子の長所に加え、低消費電力・長寿命という特長も保有しており、極めて有用である。

【0205】 本実施例では、本発明の表示装置を表示部として含む電気器具を例示する。その具体例を図21および図22に示す。なお、本実施例の電気器具に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した素子のいずれを用いてもよい。また、本実施例の電気器具に含まれる表示装置の形態は、図13～図20のいずれの形態を用いても良い。

【0206】 図21(a)は有機発光素子を用いたディスプレイであり、筐体2101a、支持台2102a、表示部2103aを含む。本発明の表示装置を表示部2103aとして用いたディスプレイを作製することにより、薄く軽量で、長保ちするディスプレイを実現できる。よって、輸送が簡便になり、設置の際の省スペースが可能となる上に、寿命も長い。

【0207】 図21(b)はビデオカメラであり、本体2101b、表示部2102b、音声入力部2103b、操作スイッチ2104b、バッテリー2105b、受像部2106bを含む。本発明の表示装置を表示部2102bとして用いたビデオカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のビデオカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【0208】 図21(c)はデジタルカメラであり、本体2101c、表示部2102c、接眼部2103c、操作スイッチ2104cを含む。本発明の表示装置を表示部2102cとして用いたデジタルカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のデジタルカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【0209】 図21(d)は記録媒体を備えた画像再生装置であり、本体2101d、記録媒体（CD、LD、またはDVDなど）2102d、操作スイッチ2103d、表示部(A)2104d、表示部(B)2105dを含む。表示部(A)2104dは主として画像情報を表示し、表示部(B)2105dは主として文字情報を表示する。本発明の表示装置をこれら表示部(A)2104dや表示部(B)2105dとして用いた前記画像再生装置を作製することにより、消費電力が少なく軽量な上に、長保ちする前記画像再生装置を実現できる。なお、この記録媒体を備えた画像再生装置には、CD再生装置、ゲーム機器なども含む。

【0210】 図21(e)は携帯型（モバイル）コンピュータであり、本体2101e、表示部2102e、受像部2103e、操作スイッチ2104e、メモリスロット2105eを含む。本発明の表示装置を表示部2102eとして用いた携帯型コンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯型コンピュータを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。なお、この携帯型コンピュータはフラッシュメモリや不揮発性メモリを集積化した記録媒体に情報を記録したり、それを再生したりすることができる。

【0211】 図21(f)はパーソナルコンピュータであり、本体2101f、筐体2102f、表示部2103f、キーボード2104fを含む。本発明の表示装置を表示部2103fとして用いたパーソナルコンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量のパーソナルコンピュータを実現できる。特に、ノートパソコンのように持ち歩く用途が必要な場合、電池の消費量や軽さの点で大きなメリットとなる。

【0212】 なお、上記電気器具はインターネットなどの電子通信回線や電波などの無線通信を通じて配信される情報を表示することが多くなってきており、特に動画情報を表示する機会が増えている。有機発光素子の応答速度は非常に速く、そのような動画表示に好適である。

【0213】 次に、図22(a)は携帯電話であり、本体2201a、音声出力部2202a、音声入力部2203a、表示部2204a、操作スイッチ2205a、アンテナ2206aを含む。本発明の表示装置を表示部2204aとして用いた携帯電話を作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯電話を実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも楽になる上にコンパクトな本体にできる。

【0214】 図22(b)は音響機器（具体的には車載用オーディオ）であり、本体2201b、表示部2202b、操作スイッチ2203b、2204bを含む。本発明の表示装置を表示部

2202bとして用いた音響機器を作製することにより、消費電力が少なく、軽量の音響機器を実現できる。また、本実施例では車載用オーディオを例として示すが、家庭用オーディオに用いても良い。

【0215】なお、図21～図22で示したような電気器具において、さらに光センサを内蔵させ、使用環境の明るさを検知する手段を設けることで、使用環境の明るさに応じて発光輝度を変調させるような機能を持たせることは有効である。使用者は、使用環境の明るさに比べてコントラスト比で100～150の明るさを確保できれば、問題なく画像もしくは文字情報を認識できる。すなわち、使用環境が明るい場合は画像の輝度を上げて見やすくし、使用環境が暗い場合は画像の輝度を抑えて消費電力を抑えるといったことが可能となる。

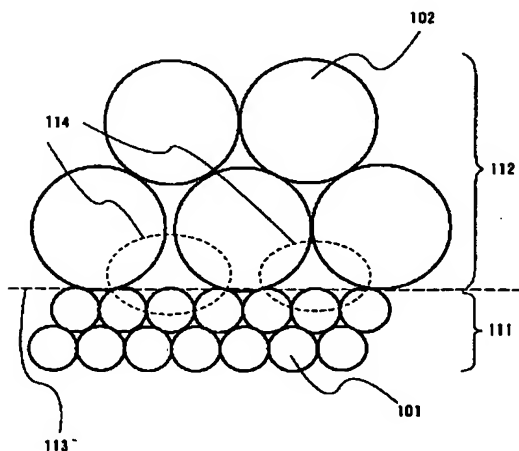
【0216】また、本発明の有機発光素子を光源として用いた表示装置も、低消費電力での動作や薄型軽量化が可能であるため、非常に有用と言える。特に、白色有機発光素子を用いた場合には、液晶表示装置のバックライトもしくはフロントライトといった光源として使用できるため、そのような液晶表示装置を含む電気器具に関しても、低消費電力の実現や薄型軽量化が可能である。

【0217】したがって、本実施例に示した図21～図22の電気器具の表示部を、全て液晶ディスプレイにする場合においても、その液晶ディスプレイのバックライトもしくはフロントライトとして本発明の有機発光素子を用いたような電気器具を作製することにより、消費電力が少なく、薄くて軽量の電気器具が達成できる。

【0218】

【発明の効果】本発明を実施することで、消費電力が少なく上に、寿命も優れた表示装置を得ることができる。さらに、そのような表示装置を表示部に用いることで、

【図1】



明るく消費電力が少なく上に、長保ちする電気器具を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 有機界面の状態を表す図。

【図2】 蒸着装置を示す図。

【図3】 不純物層の形成を示す図。

【図4】 混合領域の状態を表す図。

【図5】 青色有機発光素子の構造を示す図。

【図6】 白色有機発光素子の構造を示す図。

【図7】 白色有機発光素子の構造を示す図。

【図8】 青色有機発光素子の構造を示す図。

【図9】 白色有機発光素子の構造を示す図。

【図10】 白色有機発光素子の構造を示す図。

【図11】 蒸着装置を示す図。

【図12】 カラーフィルターないしは色変換層を用いた表示装置の概略を示す図。

【図13】 表示装置の断面構造を示す図。

【図14】 表示装置の断面構造を示す図。

【図15】 表示装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図16】 表示装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図17】 表示装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図18】 表示装置の構成を示す図。

【図19】 表示装置の構成を示す図。

【図20】 表示装置の構成を示す図。

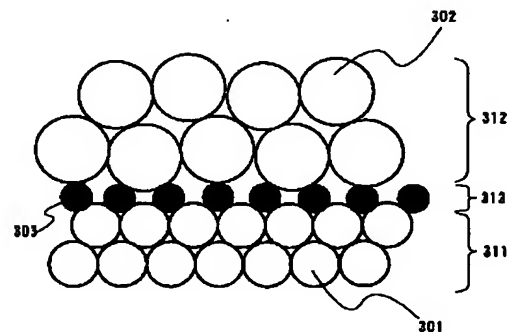
【図21】 電気器具の具体例を示す図。

【図22】 電気器具の具体例を示す図。

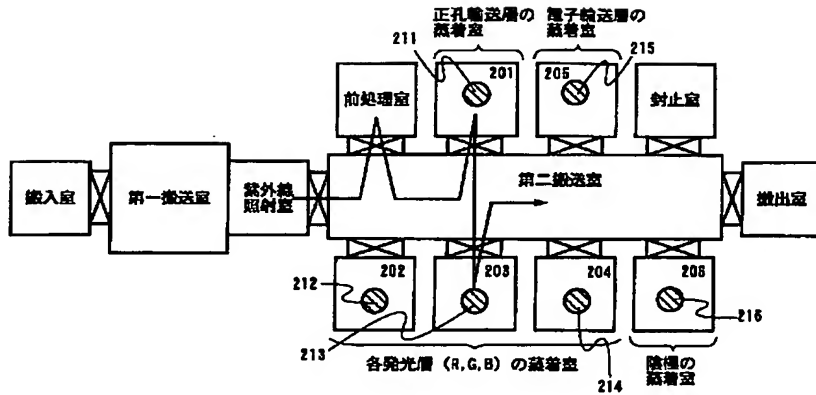
【図23】 表示装置の構成を示す図。

【図24】 蒸着源の詳細を示す図。

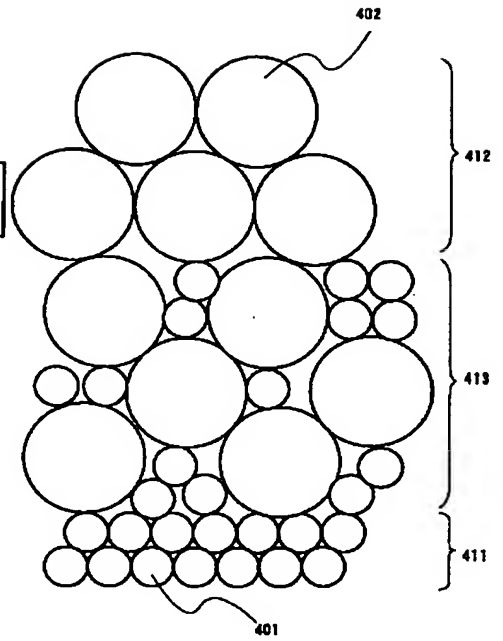
【図3】



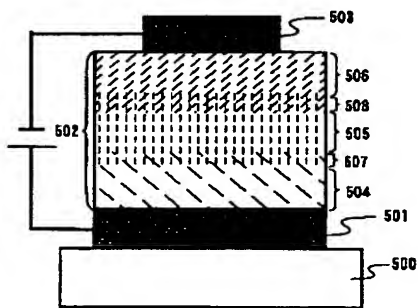
【図 2】



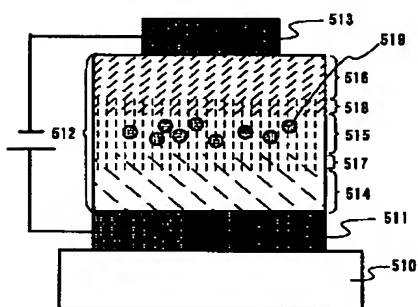
【図 4】



【図 5】

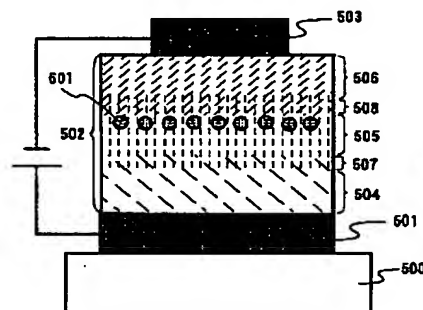


(a)

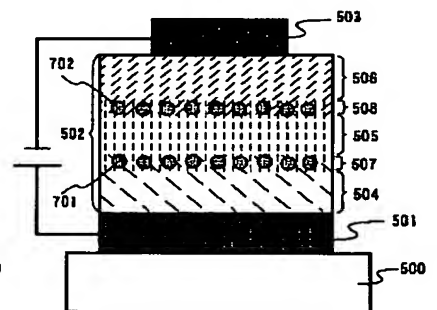


(b)

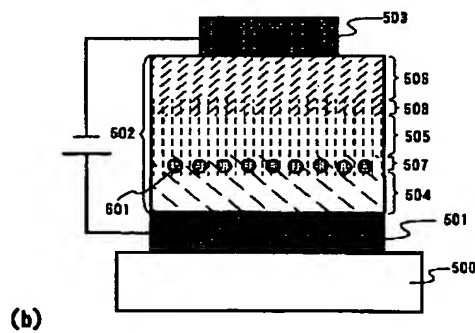
【図 6】



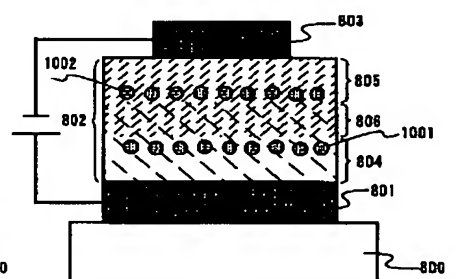
【図 7】



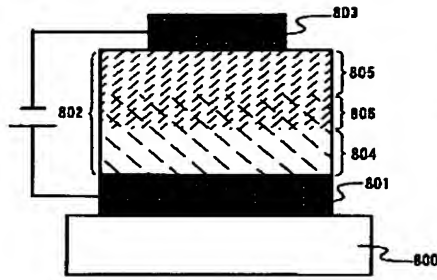
【図 10】



(b)

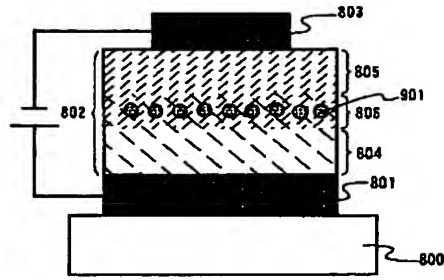


【図 8】



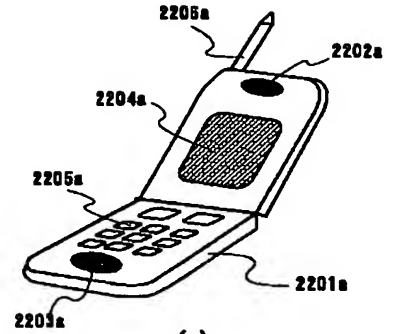
(a)

【図 9】

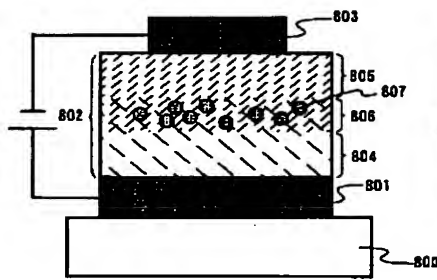


(a)

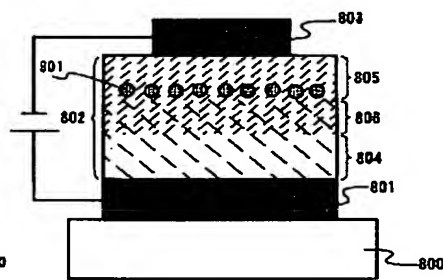
【図 22】



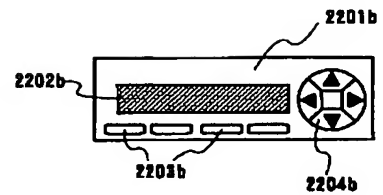
(a)



(b)

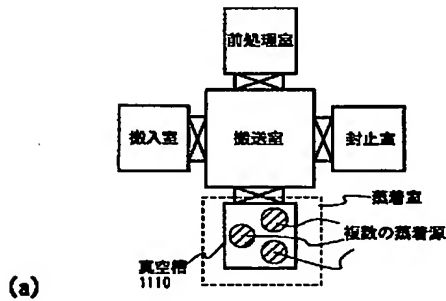


(b)



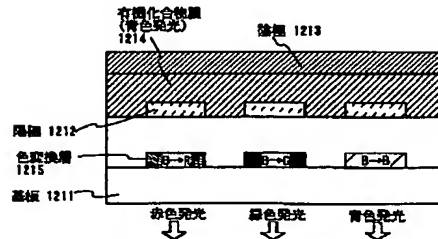
(b)

【図 11】

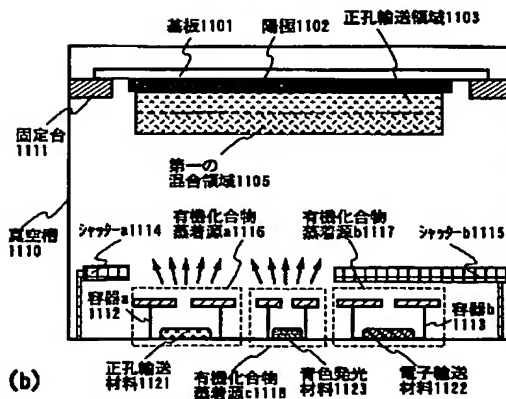


(a)

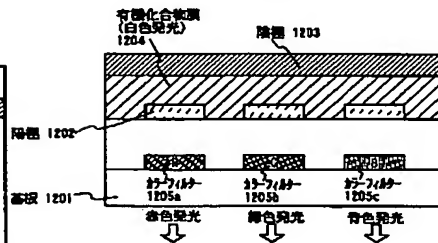
【図 12】



(a) 色変換 (CCM) 方式



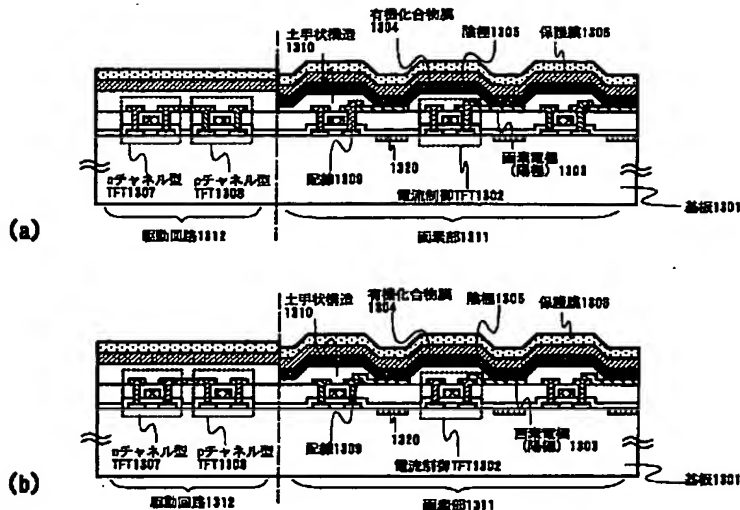
(b)



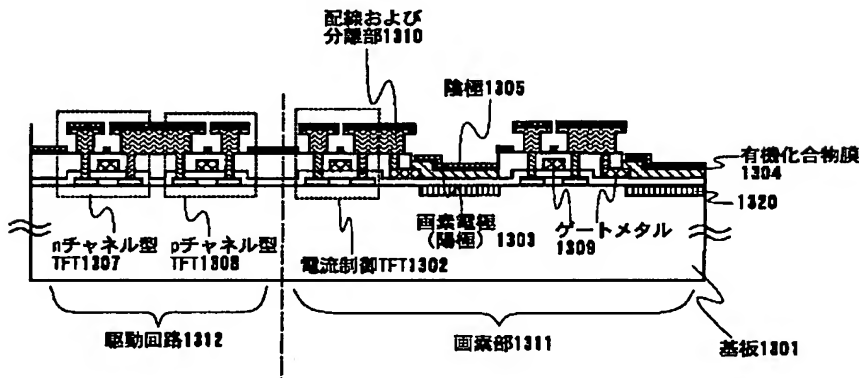
(b) スパッタ方式



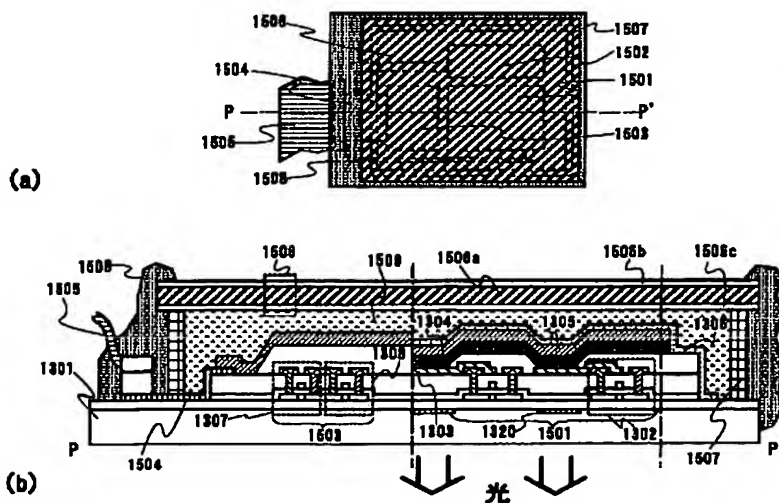
【図 13】



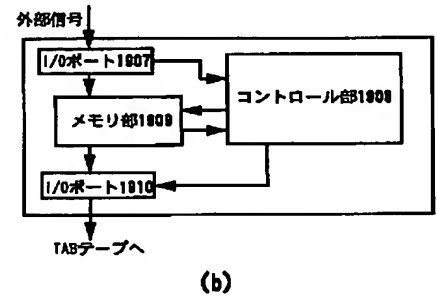
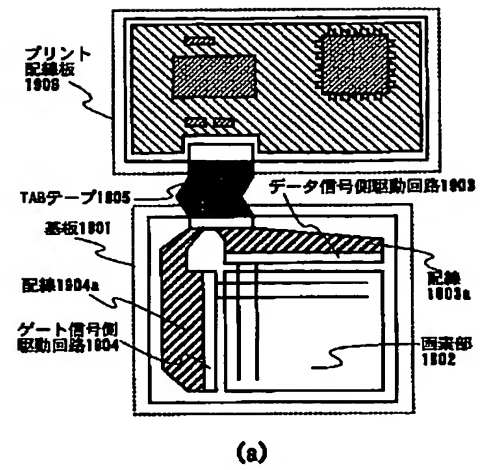
【図 14】



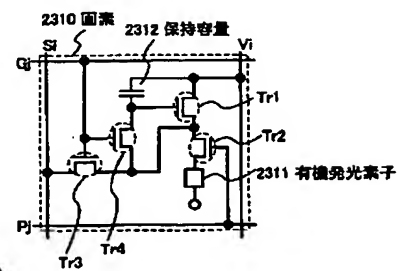
【図 15】



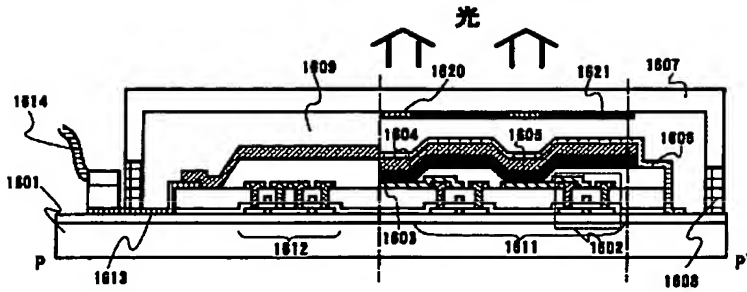
【図 19】



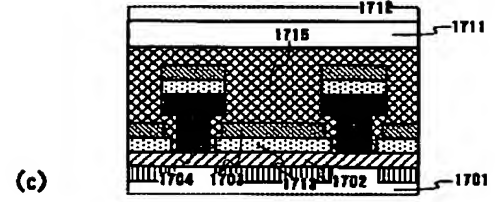
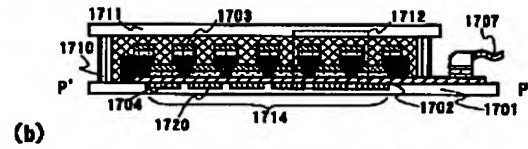
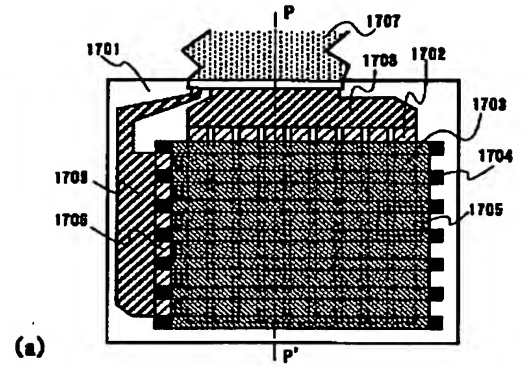
【図 23】



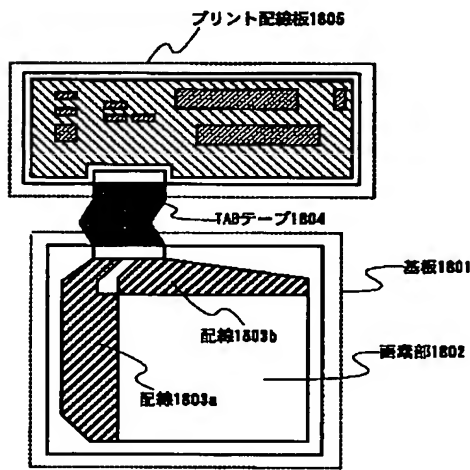
【図 16】



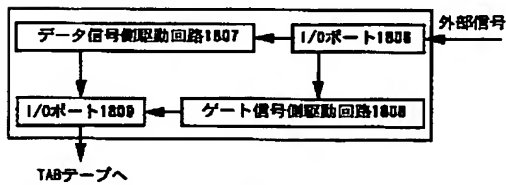
【図 17】



【図 18】

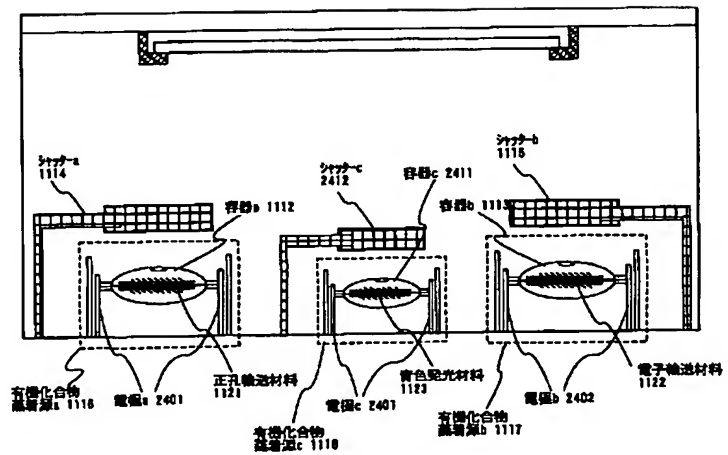


(a)

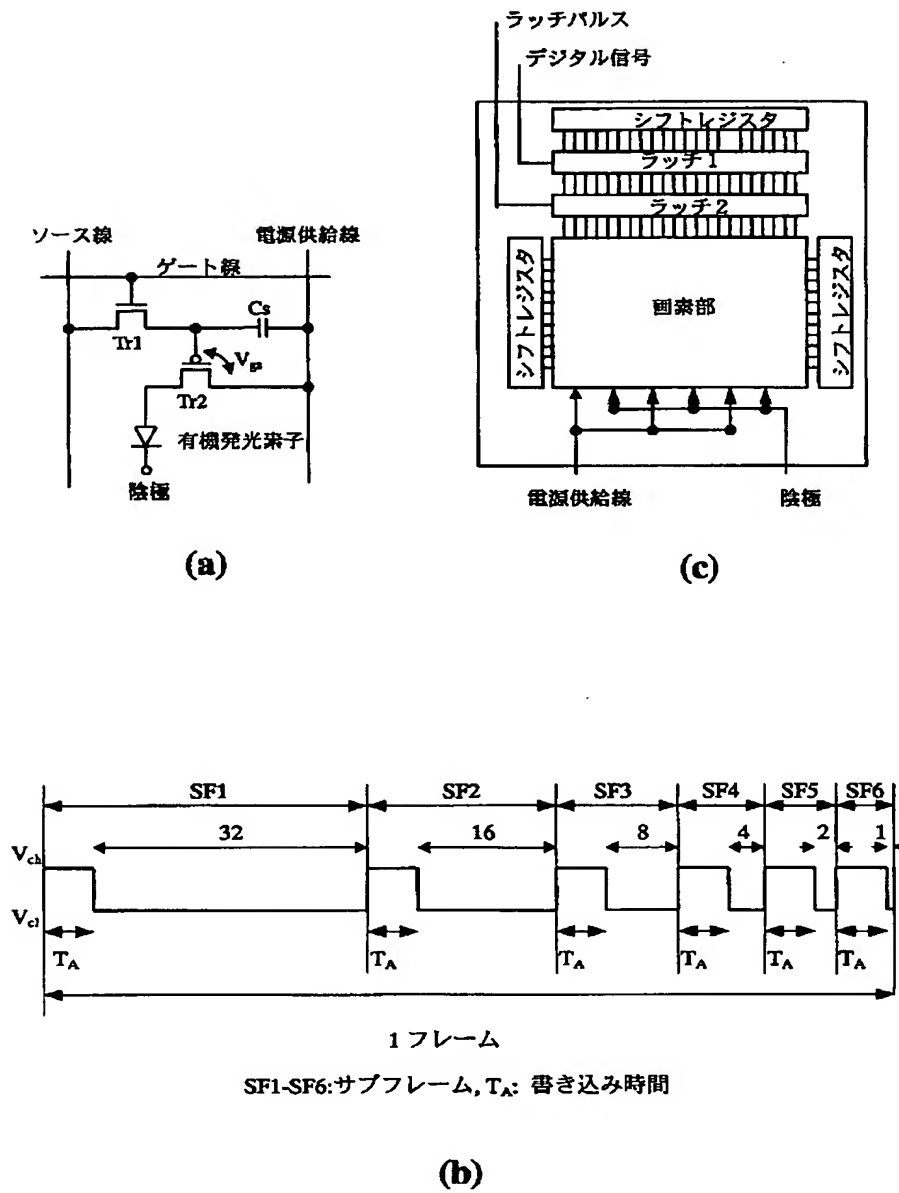


(b)

【図 24】



【図 20】



【図 21】

